



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ESTUDIO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
UN PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN EN EL  
EDIFICIO CENTRAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA  
ANTE UN RIESGO DE INCENDIO”**

**HILBAY GUZMÁN JHONNY JAVIER**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**2014-08-06**

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**JHONNY JAVIER HILBAY GUZMAN**

---

Titulada:

**“ESTUDIO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE  
EMERGENCIA Y EVACUACIÓN EN EL EDIFICIO CENTRAL DE LA  
FACULTAD DE MECÁNICA ANTE UN RIESGO DE INCENDIO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jorge Freire Miranda  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Diego Mayorga Pérez  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JHONNY JAVIER HILBAY GUZMAN

**TÍTULO DE LA TESIS:** “ESTUDIO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN EN EL EDIFICIO CENTRAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA ANTE UN RIESGO DE INCENDIO”

**Fecha de Examinación:** 2015-06-24

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN                                    | APRUEBA | NO<br>APRUEBA | FIRMA |
|--|---------|---------------|-------|
| Ing. Carlos Santillán Mariño<br>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA |         |               |       |
| Ing. Jorge Freire Miranda<br>DIRECTOR DE TESIS           |         |               |       |
| Ing. Diego Mayorga Pérez<br>ASESOR                       |         |               |       |

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Jhonny Javier Hilbay Guzmán

## **DEDICATORIA**

### ***A mis padres.....***

Por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Quienes me tenían fe aun en los momentos más duros de mi vida.

### ***A mis profesores.....***

Con su guía y paciencia logre los conocimientos necesarios para poder desenvolverme adecuadamente en la vida profesional.

### ***A Nahomi.....***

Desde el día que supe de tu existencia te convertiste en la fuerza que me lleva hacia adelante sin dejarme decaer.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres; me faltara la vida para darle gracias por todo lo que me han dado y la paciencia que me han tenido.

No he de rendirme aunque caiga al andar  
No he de ser libre si he de huir  
Y si al huir vivir  
Mejor en pie morir.

*“GS Carlos Cisneros N°IV”*

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN.....  | 1    |
| 1.1 Antecedentes.....   | 1    |
| 1.2 Justificación .....   | 2    |
| 1.3.1 <i>Objetivo general..</i> .....   | 3    |
| 1.3.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....   | 3    |
| 2. MARCO TEÓRICO .....  | 5    |
| 2.1 Generalidades .....   | 5    |
| 2.2 Introducción de acuerdo al estado actual del arte.....  | 8    |
| 2.3 Definiciones del plan de emergencia y evacuación en caso de incendio. ....  | 8    |
| 2.4 Marco legal relativo al manejo y prevención de incendios. ....  | 12   |
| 2.4.1 <i>Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo..</i> .....  | 12   |
| 2.4.2 <i>Código del trabajo..</i> .....   | 13   |
| 2.4.3 <i>Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente laboral; decreto ejecutivo 2393.</i> ..... | 13   |
| 2.4.4 <i>Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios..</i> .....   | 14   |
| 2.4.5 <i>Normativa internacional..</i> .....  | 14   |
| 2.5 Metodologías para la evaluación de riesgos de incendio. ....  | 15   |
| 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....   | 16   |
| 3.1 Información general de la Facultad de Mecánica. ....  | 16   |
| 3.2 Reseña histórica.....   | 16   |
| 3.3 Misión y visión .....   | 17   |
| 3.4 Organigrama de la facultad de mecánica.....   | 17   |
| 3.5 Análisis de los recursos existentes.....  | 18   |
| 3.5.1 <i>Señalética.</i> .....  | 18   |
| 3.5.2 <i>Luces de emergencia..</i> .....  | 18   |
| 3.5.3 <i>Extintores.</i> .....  | 19   |
| 3.6 Análisis del flujo de personas.....   | 19   |
| 3.7 Instalaciones físicas. ....   | 25   |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.7.1 | <i>Pasillos.</i> .....  | 25 |
| 3.7.2 | <i>Escaleras de acceso.</i> .....   | 25 |
| 3.8   | Análisis del nivel de riesgo de incendio. ....  | 26 |
| 4.    | DISEÑO DEL PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN ANTE UN<br>RIESGO DE INCENDIO .....        | 43 |
| 4.1   | Objetivo general .....  | 43 |
| 4.2   | Objetivos específicos .....   | 43 |
| 4.3   | Aspecto temporal. ....  | 43 |
| 4.4   | Selección y ubicación de los elementos de salvamento y detección. ....                | 44 |
| 4.5   | Requerimientos, ubicación y dimensionamiento de la señalética. ....                   | 54 |
| 4.6   | Elaboración del mapa de rutas de evacuación. ....                                     | 58 |
| 4.7   | Rutas de acceso.....  | 59 |
| 4.8   | Plan de emergencia .....  | 60 |
| 4.9   | Clasificación de las emergencia .....   | 60 |
| 4.9.1 | <i>Procedimiento de actuación ante emergencia</i> .....                               | 61 |
| 4.9.2 | <i>Mecanismo de respuesta en caso de incendio</i> .....                               | 61 |
| 4.9.3 | <i>Evacuación.</i> .....  | 62 |
| 4.10  | Funciones de las brigadas de emergencia.....  | 62 |
| 5.    | IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN<br>ANTE UN RIESGO DE INCENDIO..... | 68 |
| 5.1   | Ubicación de la señalética. ....  | 68 |
| 5.2   | Mantenimiento de los elementos de salvamento disponibles. ....                        | 71 |
| 5.3   | Ubicación de los elementos de salvamento. ....  | 73 |
| 5.4   | Medios de detección de incendios .....  | 74 |
| 5.5   | Luces de emergencia .....   | 75 |
| 5.6   | Ubicación del punto de encuentro .....  | 76 |
| 5.7   | Capacitación. ....  | 77 |
| 5.8   | Simulacro.....  | 78 |
| 5.9   | Reinicio de las actividades. ....   | 78 |
| 6.    | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....  | 79 |
| 6.1   | Conclusiones.....   | 79 |



|     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 6.2 | Recomendaciones. .... | 79 |
|-----|-----------------------|----|

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

## LISTA DE TABLAS

|    | Pág.  |
|----|---|
| 1  | Agentes extintores que se pueden utilizar. .... 12                            |
| 2  | Área y capacidad de cada ambiente/espacio/lugar de la planta baja. .... 20    |
| 3  | Área y capacidad de cada ambiente/espacio/lugar de la planta alta. .... 21    |
| 4  | Número de personas que ocupan el edificio central. .... 22                    |
| 5  | Tiempo de evacuación por dependencia en la planta baja..... 23                |
| 6  | Tiempo de evacuación por dependencia en la planta alta. .... 24               |
| 7  | Secciones de riesgo de incendio ..... 27                                      |
| 8  | Calificación del riesgo método MESERI ..... 28                                |
| 9  | Carga térmica ponderada por secciones. .... 29                                |
| 10 | Factores de construcción, método MESERI..... 30                               |
| 11 | Factores de la superficie de mayor sector de incendio ..... 30                |
| 12 | Factores de resistencia al fuego ..... 31                                     |
| 13 | Factores para falsos techos ..... 31  |
| 14 | Factor de distancia entre el edificio y el cuerpo de bomberos..... 31         |
| 15 | Factores de accesibilidad al edificio ..... 32                                |
| 16 | Factores del peligro de activación ..... 32                                   |
| 17 | Factores de carga térmica ..... 32  |
| 18 | Inflamabilidad de los materiales ..... 33                                     |
| 19 | Factores de orden y limpieza ..... 33   |
| 20 | Factores de almacenamiento en altura..... 33                                  |
| 21 | Factores de concentración de bienes ..... 34                                  |
| 22 | Factores de destructibilidad por calor..... 34                                |
| 23 | Factores de destructibilidad por humo..... 34                                 |
| 24 | Factores de destructibilidad por corrosión..... 34                            |
| 25 | Factores de destructibilidad por agua ..... 34                                |
| 26 | Factores de propagabilidad horizontal..... 35                                 |
| 27 | Factores de propagabilidad vertical..... 35                                   |
| 28 | Factores de elementos de detección y protección automática contra incendio 36 |
| 29 | Factores de protección y prevención de incendios ..... 36                     |
| 30 | Factores del EPI y ESI..... 36  |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 31 | Asignación de valores a los factores de construcción y situación dentro del edificio central de la Faculta de Mecánica .....            | 37 |
| 32 | Asignación de valores a los factores de proceso o actividad y concentración dentro del edificio central de la Faculta de Mecánica ..... | 38 |
| 33 | Asignación de valores a los factores de destructibilidad y propagación dentro del edificio central de la Faculta de Mecánica .....      | 39 |
| 34 | Asignación de valores a los factores de protección dentro del edificio central de la Faculta de Mecánica .....                          | 40 |
| 35 | Resultado del análisis del método de evaluación y riesgo de incendio (MESERI) .....   | 41 |
| 36 | Interpretación del valor de Ro. ....  | 45 |
| 37 | Valores de riesgo potencial, admisible e inicial .....  | 49 |
| 38 | Área máxima protegida por extintores en pies .....  | 50 |
| 39 | Tamaño del extintor de incendios y localización para riesgos clase B .....  | 50 |
| 40 | Clasificación del riesgo en las diferentes secciones de acuerdo a la carga térmica. ....  | 51 |
| 41 | Características de los extintores (extracto) .....  | 52 |
| 42 | Tipo de fuego, riesgo y selección del extintor. ....  | 53 |
| 43 | Señales de seguridad y dimensiones que se van a utilizar .....  | 56 |
| 44 | Análisis de los factores entre los puntos de encuentro A y B .....  | 76 |

## LISTA DE FIGURAS

|    |  | Pág. |
|----|--|------|
| 1  | Organigrama de la Facultad de Mecánica .....   | 17   |
| 2  | Pictogramas de seguridad actuales .....  | 18   |
| 3  | Luces de emergencia .....  | 18   |
| 4  | Gabinete de extintor.....  | 19   |
| 5  | Acceso principal al edificio central de la Facultad de Mecánica .....  | 19   |
| 6  | Diagrama del tiempo de evacuación.....   | 22   |
| 7  | Escala de riesgo inicial (Ro).....   | 44   |
| 8  | Mapa de evacuación de la planta baja. ....   | 58   |
| 9  | Mapa de evacuación de la planta alta. ....   | 59   |
| 10 | Acceso hacia el edificio.....  | 59   |
| 11 | Distancia y recorrido desde el cuerpo de bomberos al edificio central de la<br>Facultad de Mecánica .....                            | 60   |
| 12 | Protocolo de actuación en caso de un incendio .....  | 61   |
| 13 | Organigrama de jerarquía de las brigadas .....   | 62   |
| 14 | Altura máxima de visión a una distancia de 5,5m.....   | 68   |
| 15 | Altura máxima de visión a una distancia de 1m.....   | 69   |
| 16 | Visualización de la señalética.....  | 69   |
| 17 | Ubicación de la señalética en la planta baja .....   | 70   |
| 18 | Ubicación de la señalética planta alta.....  | 70   |
| 19 | Señalética ubicada a la salida del área metalúrgica. ....  | 71   |
| 20 | Gabinete sin el extintor portátil .....  | 71   |
| 21 | Extintor ubicado en el laboratorio de turbo maquinaria .....   | 72   |
| 22 | Ubicación de extintores en la planta baja por secciones. ....  | 73   |
| 23 | Ubicación de extintores en la planta alta por secciones .....  | 73   |
| 24 | Extintor, señalética de seguridad y cinta de seguridad en la oficina .....   | 74   |
| 25 | Ubicación del interruptor manual de la alarma contra incendios .....   | 74   |
| 26 | Luz de emergencia automática y señalética de seguridad. ....   | 75   |
| 27 | Ubicación actual de los dos puntos de encuentro existentes en las cercanías del<br>edificio central de la Facultad de Mecánica ..... | 76   |
| 28 | Punto de encuentro A .....   | 77   |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|            |  |
|------------|--|
| S.G.R.     | Secretaría de Gestión de Riesgos.                        |
| I.S.O.     | International Organization for Standardization           |
| O.S.H.A.   | Occupational Safety & Health Administration.             |
| I.A.S.S.T. | Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el trabajo.   |
| D.B.S.I.   | Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.       |
| F.R.A.M.E. | Fire Risk Assessment Method for Engineering.             |
| I.S.T.CH   | Instituto Superior Tecnológico Chimborazo.               |
| N.F.P.A.   | National Fire Protection Association.                    |
| N.T.P.     | Norma Técnica de Protección.                             |
| I.N.S.H.T. | Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. |
| Td.        | Tiempo de detección.                                     |
| Ta.        | Tiempo de alarma.  |
| Tp.        | Tiempo de retardo.                                       |
| T.P.E.     | Tiempo de evacuación.                                    |
| Te.        | Tiempo de evacuación.                                    |
| Ro.        | Riesgo Inicial.  |
| P.         | Riesgo Potencial.  |
| A.         | Riesgo admisible.  |
| Qi.        | Carga inmobiliaria.                                      |
| Qm.        | Carga Térmica.   |
| R.         | Riesgo de incendio.                                      |
| MESERI     | Método simplificado de evaluación de riesgo.             |
| P.Q.S.     | Polvo Químico Seco.                                      |
| Cal.       | Caloría.   |
| J.         | Joule.   |
| N.T.E.     | Norma Técnica Ecuatoriana.                               |

## **LISTA DE ANEXOS**

|   |   |
|---|---|
| A | Cálculo del T.P.E en la planta baja.  |
| B | Cálculo del T.P.E en la planta alta.  |
| C | Cálculo de la carga calorífica.   |
| D | Cálculo de la carga calorífica ponderada.   |
| E | Evaluación del riesgo de incendio. Método MESERI.                                       |
| F | Cálculo del riesgo admisible, potencial e inicial (FRAME)                               |
| G | Dimensionamiento de la señalética de seguridad.   |
| H | Tarjeta de revisión del extintor portátil   |
| I | Análisis del riesgo de incendio por el método de Gustav Purt                            |
| J | Actividades antes, durante y después del jefe de brigada                                |
| K | Actividades antes, durante y después del líder de brigada                               |
| L | Actividades antes, durante y después de la brigada de primeros auxilios                 |
| M | Actividades antes, durante y después de la brigada de manejo y control contra incendios |
| N | Actividades antes, durante y después de la brigada de búsqueda y recate                 |
| O | Actividades antes, durante y después de la brigada de comunicación                      |
| P | Cartilla de asignación brigadistas  |
| Q | Protocolo de alarma   |
| R | Colores de seguridad  |
| S | Señales de seguridad  |
| T | Cartillas de simulacro  |
| U | Cuadro de caracterización de víctimas   |
| V | Guía para el reinicio de actividades  |
| W | Manual de mantenimiento de los extintores portátiles                                    |
| X | Análisis del riesgo de incendio después de la implementación                            |
| Y | Implementación  |

## **LISTA DE PLANOS**

- 1 Planta baja del edificio central de la Facultad de Mecánica.
- 2 Planta alta del edificio central de la Facultad de Mecánica.
- 3 Ubicación de la señalética en la planta baja.
- 4 Ubicación de la señalética y botiquín de primeros auxilios en la planta alta.
- 5 Ubicación de los extintores en la planta baja.
- 6 Ubicación de los extintores y la alarma en la planta alta.

## **RESUMEN**

Se ha diseñado e implementado un plan de emergencia y evacuación en caso de un incendio en el edificio central de la Facultad de Mecánica. Con la finalidad de reducir el riesgo de incendio dentro de las instalaciones y precautelar el bienestar de todas las personas que realicen sus actividades dentro del edificio, así como también los bienes materiales. Para lo cual se determinó el riesgo de incendio mediante el método MESERI.

Con el resultado del análisis del riesgo se procede a elaborar las estrategias, acciones y ubicación de elementos de detección y protección de incendios necesarios, para ello es obligatorio la utilización de normas como: NFPA 10, NFPA 72, ISO 3864-1, ISO 7010, ISO 16069, ISO 23542, ISO 23601, entre otras. Que se convierten en la guía para la toma de decisiones al momento de la implementación del plan.

La capacitación del personal es fundamental; saber ¿Qué hacer? ¿A dónde ir? ¿Con quién me debo reportar?, son las preguntas frecuentes en el momento de suscitarse una emergencia y que todas las personas que utilizan el edificio central tengan las respuestas adecuadas a estas interrogantes es prioritario para evitar que las consecuencias sean graves o catastróficas.

Se recomienda además (por el resultado del análisis luego de la implementación), el seguimiento y actualización periódico del plan de emergencia y evacuación (cada dos años según la el Reglamento de Prevención, Protección y Mitigación contra Incendios del Ecuador) además de la revisión (cada seis meses) y mantenimiento (cada dos años) de los extintores portátiles.



## **ABSTRACT**

It has designed and implemented an emergency and evacuation plan in case of fire in the main building of the Faculty of Mechanics. In order to reduce the risk of fire inside the premises and forewarn the welfare of all people who conduct their activities within the building, as well as material goods. The risk of fire was determined by the MESERI method.

With risk analysis, we proceed to develop the strategies, actions and location of sensing elements and fire protection necessary, it is required the use of standards such as NFPA 10, NFPA 72, ISO 3864-1, ISO 7010, ISO 16069, ISO 23542, ISO 23601, among others.

Staff training is essential; to know What to do? Where to go? Whom don I report? They are frequently asked questions at the time of an emergency occurs and that all people using the main building have the appropriate responses, it is a priority are serious or catastrophic consequences.

Monitoring and regular updating of the emergency plan and evacuation is also recommended (for the test result after implementation), (every two years under the rules of prevention, fire protection and mitigation in Ecuador) in addition to the review (each six months) and maintenance (every two years) of portable fire extinguishers.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), tiene su origen en el Instituto Tecnológico Superior de Chimborazo, creado mediante Ley No.6090, expedida por el Congreso Nacional, el 18 de abril de 1969. Inicia sus actividades académicas el 2 de mayo de 1972 con las Escuelas de Ingeniería Zootécnica, Nutrición y Dietética e Ingeniería Mecánica.

La Facultad de Mecánica es una Unidad Académica de la ESPOCH, comprometida con los más altos intereses de la sociedad, cuyo objetivo es responder a las exigencias del entorno industrial que busca una constante evolución y desarrollo. Líder en el país en la entrega de profesionales éticos, morales y capaces, comprometidos con el desarrollo industrial, reconocidos por su ardua labor, competitividad y respeto hacia el medio ambiente y la cultura.

El ser humano por acumulación de experiencias propias y ajenas, tiene conciencia de los riesgos o peligros a los que permanentemente se ve sometido en su actividad normal y como consecuencia de esta certeza, surgiendo la necesidad de implementar medidas de seguridad que tranquilicen sus miedos e inquietudes al objeto de poder llevar una vida normal. (ARENAS, 2014)

El avance tecnológico y la necesidad de preservar la integridad física y moral de las personas van de la mano, es por eso que la seguridad industrial se hace presente con el fin de mitigar los riesgos y precautelar el bienestar, además preparar a las personas para que puedan afrontar una emergencia y evitar pérdidas humanas y daños materiales.

Aunque la industria haya de seguir satisfaciendo los criterios de rentabilidad económica para los cuales es necesaria la productividad, su optimización no puede en ningún caso

Contrariar los requisitos esenciales de seguridad. (SIMARD, 2014). Por eso la prevención es la forma en disminuir el riesgo y consecuencias al sucitarce una emergencia.

## **1.2 Justificación**

Para que las diferentes actividades que se realizan dentro de cualquier empresa o institución se realicen de forma normal, es necesario garantizar a todos las personas su seguridad e integridad, además de proporcionar una vía de salvamento que los lleve a un lugar seguro en el cual puedan esperar a que la eventualidad pase o se supere con seguridad.

Desde que la humanidad descubrió el fuego este ha sido de gran utilidad en muchos campos. El fuego ha contribuido a su avance y el desarrollo tecnológico partió de su descubrimiento. No obstante, el fuego ha sido; asimismo, un azote de la humanidad, desde sus comienzos hasta nuestros días. (HIBBART, 2014)

El fuego es una reacción energética, de la reacción química llamada combustión, para explicar su reacción se analiza sus cuatro elementos combustión, comburente, calor y reacción en cadena.

Sus efectos sobre las personas son las quemaduras, pero para tratarlas debemos identificar correctamente la naturaleza del fuego, es decir sea químico, eléctrico, etc. Los métodos de extinción del fuego dependerán de su naturaleza, no podemos atacar un conato de incendio, sin saber que materiales se encuentran inmersos en el mismo. Esto se debe a que el material que se utilice puede tener una reacción adversa y convertirse en un elemento comburente. La normativa estandariza generan una serie de reglas de operación que permiten reducir la probabilidad de un incendio, pero al mismo tiempo introduce medidas de control que tienen un efecto radical en las potenciales consecuencias. El resultado es que la seguridad define la manera en la cual se produce. (WASILESKI, 2014)

Dentro de una institución educativa es necesario tener planes de contingencia contra eventualidades adversas, que comprometan la integridad de los directivos y estudiantes

que realicen sus actividades dentro de la misma, además de la señalética necesaria y elementos de salvamento que puedan ayudar a la evacuación y control de la emergencia.

La evolución de la seguridad dentro del país ha dado pasos a agigantados en los últimos años, a pesar de ello aún existen vacíos dentro de las normativas, reglamentos y leyes existentes, por lo tanto las consultas y adecuaciones según normativas e investigaciones internacionales es fundamental.

Lamentablemente los recursos que se asignan a cada escuela para su desenvolvimiento no son suficientes para costear proyectos, ya sean de investigación, seguridad, calidad o acreditación de laboratorios dentro de sus instalaciones.

Por ello proponemos este proyecto de tesis “ESTUDIO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN EN EL EDIFICIO CENTRAL DE LA FACULTAD DE MECÁNICA ANTE UN RIESGO DE INCENDIO” basándonos en un estudio de riesgos y en la normativa nacional establecida por los organismos de control (IESS, MRL, MSP, otros), con el fin de proporcionar un aporte para la institución.

### **1.3      Objetivos.**

**1.3.1      *Objetivo general.*** Realizar el estudio, elaboración e implementación de un plan de emergencia y evacuación en el edificio central de la Facultad de Mecánica ante un riesgo de incendio.

**1.3.2      *Objetivos específicos.***

Determinar y evaluar el estado actual de la infraestructura del edificio central de la Facultad de Mecánica y cotejarla con los requerimientos de las distintas normativas vigentes.

Determinar el riesgo de incendio dentro de las instalaciones del edificio central de la Facultad de Mecánica.

Establecer el procedimiento adecuado a llevarse a cabo en caso de suscitarse un conato de incendio, en el cual garantiza la seguridad e integridad de los alumnos y el personal que trabaja en el edificio central de la Facultad de Mecánica.

Diseñar e implementar el plan de emergencia y evacuación en caso de incendio en el edificio central de la Facultad de Mecánica.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Generalidades**

El objetivo de un plan de emergencia es organizar los recursos técnicos y humanos para poder combatir un incendio o cualquier siniestro que se suscitara; a pesar de lo indispensable que es su aplicación en cualquier empresa ya sea de bienes o servicios, no se realiza por el costo de implementación, se dejan llevar por el exceso de confianza, o por el pensamiento “nada ha pasado, nada pasara”; esta idea ha llevado a que los siniestros tomen magnitudes catastróficas, en lugares en los cuales se pudo a ver tenido un fácil control del mismo.

En este plan de emergencia y evacuación se asignara el orden de las responsabilidades y se establecerá las acciones a seguir antes, durante y después de un incendio; que podría ocurrir durante la realización de las actividades normales.

El desarrollo de la seguridad y salud ocupacional en el país ha evolucionado de manera lenta; la creación del decreto 2393, elaborado en el gobierno del Ing. León Febres Cordero en el año de 1986; en el cual detalla los requerimientos y sanciones que puede llegar a tener el empleador si incumple dicho decreto. (IASST, 2005)

Pero no fue acatado, es más; por muchas empresas fue obviado, pero en el transcurso de los últimos años ha ido tomado fuerza y modificándose para adaptarse a la evolución de las empresas, además; con la creación del Ministerio de Relaciones Laborales se ha dado más interés en el desarrollo y aplicación de la seguridad industrial dentro de todo tipo de empresas.

De esta manera, conjuntamente con el Instituto Ecuatoriano de Seguridad y Salud Ocupacional, han sancionado a las empresas que incumplieran con las normas técnicas de seguridad para sus trabajadores, además de desarrollar el Sistema de Gestión de

Prevención de Riesgos Laborales, creado para mejorar la calidad de vida de los empleados durante la jornada laboral, mediante la creación de ambientes laborales seguros y practicas saludables, de esta manera disminuir el riesgo durante la jornada laboral en aras de mejorar la producción; de dicho plan, el Ministerio de Relaciones Laborales será el auditor y el ente sancionador.

En la actualidad, el gobierno ha puesto énfasis en el desarrollo y aplicación de normativas y reglamentos para garantizar la seguridad de los trabajadores dentro de empresas públicas o privadas, sin importar si son de bienes o servicios. Ha dispuesto distintos organismos de control para ello, así como la creación de mandatos y leyes. Además de estar suscrito a acuerdos internacionales como es el Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Por ello en cualquier investigación concerniente a la seguridad e integridad laboral se debe regir a las siguientes leyes, mandatos, reglamentos y normativas prescritas para su correcta elaboración y cumplimiento, las cuales son

Referente al estado

- Constitución política del ecuador
- Mandato 8

Acuerdos internacionales

- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

Leyes prescritas

- Ley de Seguridad Social

- Ley de Sanidad Vegetal
- Código del trabajo

Referente a los reglamentos:

- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente Laboral; Decreto Ejecutivo 2393.
- Reglamento para el funcionamiento de Servicios Médicos de empresa.
- Reglamento General del Seguro de Riesgos del Trabajo.

Referente a las normativas:

- Normativa para el proceso de Investigación de Accidente – Incidentes
- De señalización de Seguridad y Elementos de Protección Personal.
- Ordenanzas municipales concernientes a seguridad.
- Guía para la elaboración de reglamentos internos de seguridad y salud de las empresas.

Normativas internacionales

- ISO 7010: Símbolos Gráficos – Colores de Seguridad y Señales de Seguridad – Registro de señales de seguridad.
- ISO 3864 – 1: Símbolos Gráficos – Colores de seguridad y Señales de Seguridad. Principios de Diseño para Señales de Seguridad e Indicaciones de Seguridad.
- OSHA 18001: Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.



En la actualidad el Ecuador está sujeto a acuerdos internacionales que instan a dar las condiciones adecuadas de trabajo.

## **2.2 Introducción de acuerdo al estado actual del arte.**

En cualquier análisis o creación de la seguridad en caso de un incendio, se va a empezar por establecer la magnitud de los riesgos asociados con un incendio. Dependiendo de su magnitud se establecerá la sofisticación del estado del arte. Es decir que un riesgo inexistente, el estado del arte es el estado del momento actual. Por otra parte, un riesgo importante significa que el riesgo no ha sido resuelto, por lo tanto; el estado del arte está en evolución y requiere de un seguimiento y análisis continuo de las tecnologías y metodologías del control de los riesgos de incendio. (ARENAS, 2014)

En lo que concierne a señalética y elementos de salvamento en caso de incendio podemos decir que el estado del arte es el “diseño a medida”, de cada uno de los elementos a utilizar, es decir que sean los elementos actuales según los requerimientos y normativas vigentes tanto nacionales como internacionales.

## **2.3 Definiciones del plan de emergencia y evacuación en caso de incendio.**

¿Qué es un plan?

Un plan es aquel en donde detallamos la metodología a seguir para realizar una acción en concreto.

Emergencia. Es un suceso que se genera de manera imprevista, el cual interrumpe el desarrollo normal de las actividades de una comunidad, la misma que va a ser manejada por dicha comunidad sin ayuda externa.

Dentro de una emergencia pueden existir distintos tipos causales de la misma, estos son:

- Factor humano, los fallos en el procedimiento, por parte del operario; sin importar la causal del mismo puede llegar a producir un accidente.

- Factor técnico, el mal estado del equipo y de la maquinaria o una incorrecta adecuación del puesto de trabajo puede conllevar a que se produzca una emergencia.
- Factores naturales, la incidencia de tormentas eléctricas, terremotos o cualquier desastre natural, conllevara a una emergencia.

¿Qué es una evacuación?

Es la migración temporal a un sitio seguro en el cual las personas puedan resguardarse de un evento adverso que conlleve peligro a su integridad física y pueda ocasionar daños a la propiedad.

¿Qué es un plan de emergencia y evacuación?

Es el procedimiento detallado de lo que se debe hacer antes, durante y después de que se suscitara una emergencia. Además de la prevención y ubicación de los elementos de salvamento adecuados.

El tetraedro del fuego.

Está compuesto por el combustible, comburente, calor y la reacción en cadena.

Existen tres clases de combustibles: Sólidos (madera, cartón, etc.), Líquidos (gasolina, aceites, etc.) y Gases (Metano, butano, etc.)

El comburente es una mezcla de gases que permite la combustión, el oxígeno es el comburente por excelencia, se necesita un porcentaje mínimo específico para cada combustible.

El calor es la energía que se manifiesta en los cuerpos por el incremento de la temperatura, el calor se transfiere entre los cuerpos hasta encontrar el equilibrio térmico.

Todo combustible necesita de la energía de activación, la cual es proporcionada por un foco de ignición, que vienen a ser todos los elementos, instalaciones o fenómenos

físicos o químicos que por su naturaleza generan chispas o calor. Existen cuatro tipos de focos de ignición estos son: térmico, químico, mecánico y eléctrico.

Clases de propagación del fuego.

Cuando la velocidad de propagación del fuego es de 1m/s, esta forma de propagación se la conoce como deflagración. Una detonación, es cuando el incendio se propaga con una velocidad mínima de 1Km/s. La explosión es un incendio cuya velocidad de propagación es superior a la detonación, prácticamente instantánea.

Clases de Fuego.

El fuego de clase A es aquel en el cual los materiales combustibles son sólidos comunes. El fuego de clase B, está formado por combustibles inflamables. El fuego de clase C es de origen eléctrico, es decir involucran instalaciones y equipos energizados.

El fuego de clase D, son en metales combustibles y sus aleaciones. El fuego de clase K, son fuegos que involucran grasas y/o aceites animales, vegetales comestibles.

Causas del origen de un incendio

Las causas fortuitas son aquellas relacionadas con las instalaciones de cualquier tipo que fueran, fallos en la maquinaria o equipo.

Las causas que involucran al factor humano se deben a la imprudencia al realizar una actividad que conlleve riesgo, o la falta de orden y limpieza en el área de trabajo.

Métodos de extinción del fuego.

Para evitar que el incendio se propague es necesario eliminar uno de los elementos que intervienen en la combustión, dependiendo del elemento que se elimine se clasifica en:

- Dilución o des alimentación; consiste en la dispersión o eliminación del combustible de tal manera que el fuego no pueda ser alimentado.

- Enfriamiento; consiste en eliminar el calor con el fin de obtener una temperatura inferior a la de ignición, de manera que se eliminen los gases.
- Sofocación; consiste en evitar que los gases comburentes se pongan en contacto con el combustible, es decir desplazar el comburente hasta saturar la atmosfera con un gas no comburente ni combustible.
- Inhibición catalítica; implica eliminar la reacción en cadena, evitando que el incendio se desarrolle colocando elementos catalizadores entre los elementos que componen el fuego para evitar su transmisión de calor.

Agentes extintores; la extinción del incendio se realiza atacando a uno de los elementos del fuego de forma adecuada, por ello cada clase de fuego necesita de un agente extintor específico. Estos agentes se dividen en:

Agua, es un buen refrigerante, sofocante y diluyente; pulverizada no dispersa incendios. Entre sus ventajas esta su bajo costo, nula toxicidad y su fácil obtención. Pero es demasiado corrosiva y conductora de la electricidad.

Espuma física y química, son un conjunto de burbujas de aire o de gas producidas por una reacción química y agitación de soluciones acuosas, actúa como agente sofocante, aislante de la superficie del combustible, refrigerante mediante el agua que se desprende por la descomposición de la espuma. Entre sus ventajas tenemos su costo, no es toxica y se extiende de manera rápida y fácil. Pero es altamente oxidante, se disuelve con alcoholes y es un conductor eléctrico.

Polvo químico seco, es una mezcla de sales metálicas pulverizadas, sus compuestos son sales amónicas, sódicas o potásicas con aditivos que mejoran su fluidez. Su forma de actuar en un incendio es al realizar una ruptura de la cadena de reacción del fuego reduciendo el calor y el comburente.

Anhídrido carbónico, es un gas inerte que pesa más que el aire, esta característica lo convierte en un excelente sofocante, al momento de utilizarlo su temperatura puede llegar a los -78°C, por lo cual también es un excelente refrigerante. Entre sus ventajas

tenemos su costo, no es toxico en espacios abiertos, no deja residuos y es aislante. En espacios cerrados es extremadamente toxico y puede causar quemaduras.

Derivados halógenos, son hidrocarburos derivados, con el calor se descomponen formando un residuo que inhibe el fuego paralizando su reacción. Con poco volumen utilizado puede conseguirse grandes efectos pero tiene un efecto perjudicial en el ambiente.

**Tabla 1** Agentes extintores que se pueden utilizar.

| Agente      | H <sub>2</sub> O |             | Espuma    | CO <sub>2</sub> | Polvo | Halon |
|-------------|------------------|-------------|-----------|-----------------|-------|-------|
|             | Chorro           | Pulveriza   |           |                 |       |       |
| A           | XXX              | XXX         | XX        | X               | XX    | X     |
| B           | X                | X           | XXX       | XXX             | XX    | XXX   |
| C           | 0                | 0           | 0         | XXX             | XX    | XXX   |
| D           | X                | X           | X         | X               | XXX   | XX    |
| K           | 0                | 0           | 0         | XXX             | XX    | XXX   |
| X Aceptable |                  | XX Adecuado | XXX Ideal | 0 No usar       |       |       |

Fuente: Autor

## 2.4 Marco legal relativo al manejo y prevención de incendios.

Trataremos la normativa vigente así como las leyes expedidas y relacionadas al manejo y prevención de incendios.

**2.4.1** *Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo.* Es una normativa a la que el Ecuador se encuentra suscripto, por ser parte de la Comunidad Andina, es decir; se compromete a cumplir con lo acordado dentro del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. En el que se considera que (IASST, 2005) uno de los elementos esenciales para alcanzar el objetivo de un trabajo decente es garantizar la protección de la seguridad y la salud en el trabajo.

Nos establece que cada país debe crear normas y procedimientos de evaluación de los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores. Además de señalar las

obligatoriedades del empleador en materia de seguridad y prevención de riesgos laborales, de tal manera que se pueda identificar y evaluar de forma inicial y periódicamente para planificar las acciones preventivas en el medio de transmisión y en su origen privilegiando el control colectivo al individual. Además de capacitar e informar a sus trabajadores de los riesgos a los que están expuestos; implementando de manera individual o colectiva sistemas de respuesta a emergencias derivadas de incendios, accidentes mayores, desastres naturales u otras contingencias de fuerza mayor.

Considerando además que los trabajadores tienen derecho a realizar sus labores cotidianas en un ambiente seguro que les brinde las condiciones necesarias para ello, además de que deben ser informados de los riesgos a los cuales pueden estar expuestos, teniendo como obligación asistir a las capacitaciones y utilizar los elementos de protección personal. (IASST, 2005)

**2.4.2** *Código del trabajo.* El código del trabajo en su capítulo V de la prevención de los riesgos, de las medidas de seguridad e higiene, de los puestos de auxilio y de la disminución de la capacidad de trabajo, en el artículo 432 nos indica que (MRL, 2012) en las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidos en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

**2.4.3** *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente laboral; decreto ejecutivo 2393.* Este decreto está destinado a mejorar y mantener el entorno de trabajo, para el empleador y el empleado.

Título V Protección colectiva

Capítulo I Prevención de incendios.

Artículo 143. Emplazamiento de los locales.

Artículo 146. Pasillos, corredores, puertas y ventanas.

Artículo 147. Señales de salida.

Artículo 153. Adiestramiento y equipo.

Capítulo II Instalación de detección de incendios.

Capítulo III Instalación de extinción de incendios.

Artículo 159. Extintores móviles.

Capítulo IV. Incendio – Evacuación de locales.

Capítulo VI. Señalización de seguridad – normas generales.

Capítulo VII. Colores de seguridad.

Capítulo VIII. Clasificación de las señales de seguridad.

**2.4.4** *Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios.* Este reglamento determina las normas técnicas y las medidas de seguridad que se deben adoptar en caso de incendio, además de inmiscuirse en la planificación estructural de las instalaciones de las empresas ya sean de bienes o servicios.

**2.4.5** *Normativa internacional.* Existen distintas normativas internacionales de las cuales se citaran las destacadas, utilizadas y citadas en el país, en cuanto a prevención, señalética, manejo y mitigación de un incendio.

- ISO 7010. Normaliza la simbología a usarse en las señaléticas, estandarizando su diseño, color, contenido y forma.
- ISO 3864, 1-2-3-4. Reglamentación, dimensionamiento, ubicación, nomenclatura, propiedades fotométricas y colorimétricas.
- DBSI. Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio.

- NFPA 10. Extintores portátiles contra incendio.
- ISO 16069. Guía para el Sistema de Vías de Evacuación. (SWGS)
- ISO 21542. Accesibilidad y usabilidad del entorno edificado.

## **2.5 Metodologías para la evaluación de riesgos de incendio.**

Existen varios métodos de evaluación del riesgo de incendio, entre los principales tenemos:

- Método MESERI, de los métodos de evaluación es el más sencillo de aplicar, analiza las características propias de la instalación y los métodos de protección. Permite una evaluación rápida, con resultados inmediatos.
- Método GRETENER, se considera como el padre de todos los métodos de evaluación del riesgo de incendio, ofrece un cálculo del riesgo bastante completo, es un estudio original elaborado por Max Gretener.
- Método E.R.I.C., fue desarrollado por Erik De Smit, con base en el método GRETENER, normas europeas y normas internacionales, sus resultados suelen ser más aproximados a la realidad
- Método F.R.A.M.E., Fue desarrollado por el ingeniero belga Erick De Smet, basándose en el método GRETENER, el método E.R.I.C., las normas alemanas DIN 18230 y las normas austríacas TRBV 100. Evalúa el riesgo de las personas, del patrimonio y las actividades económicas. Por lo cual se realiza tres cálculos por separado; de esta manera se estimara la situación existente y los daños previsibles para poder analizar de mejor manera las medidas de prevención y protección.



## **CAPÍTULO III**

### **3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

#### **3.1 Información general de la Facultad de Mecánica.**

La Facultad Mecánica está conformada por cuatro escuelas; Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Mantenimiento, Ingeniería Automotriz. Cuenta con una planta docente de cuarto nivel además de laboratorios y talleres que garantizan la formación de profesionales capaces, prácticos, pertinentes que se convertirán en el motor de cambio de la industria en el Ecuador.

En las instalaciones del edificio central funcionan laboratorios, oficinas, aulas, bodegas y archivo. Convirtiéndolo en el corazón de la misma.

#### **3.2 Reseña histórica.**

La Facultad de Mecánica tiene sus inicios conjuntamente con el Instituto Superior Tecnológico Chimborazo (ISTCH), para poder implementar lo que entonces se conocía como Escuela de Ingeniería Metal Mecánica se formó un acuerdo especial con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

No siempre fue alentador el panorama para el desarrollo de las actividades dentro de la facultad, en el gobierno del Gral. Guillermo Rodríguez Lara, se ordenó la suspensión definitiva de las actividades del centro educativo por lo que se organizó una marcha que conto con todo el apoyo de la ciudadanía riobambeña. Un año más tarde con la resolución del I Congreso Nacional de Universidades y Escuelas Politécnicas, expidió la ley que transformo el ISTCH en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Es justo reconocer, que el camino al fortalecimiento de la facultad de Mecánica ha sido arduo y de esfuerzo diario, resultado de ello es el reconocimiento a nivel nacional e internacional de la calidad de profesionales que la facultad integra a la industria.

### 3.3 Misión y visión

#### MISIÓN

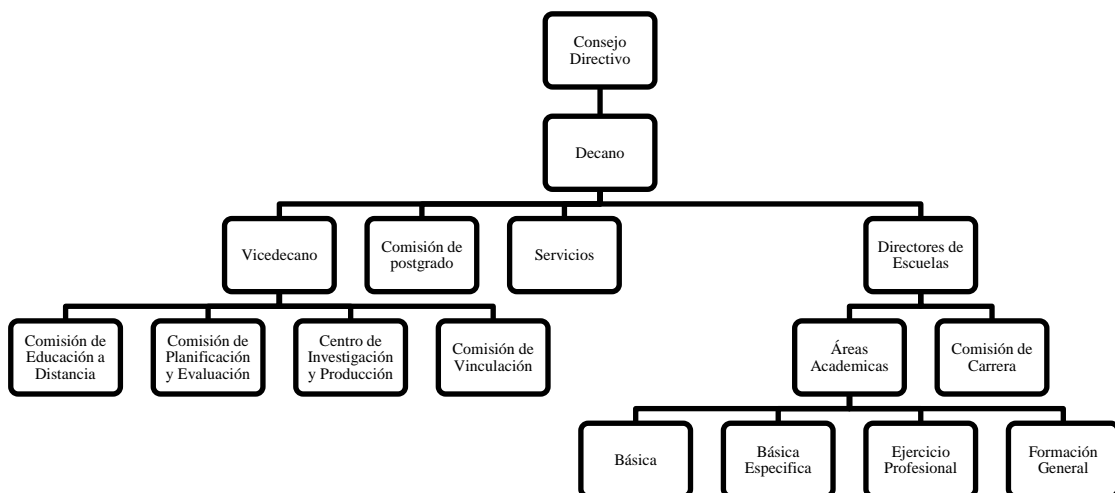
“Ser una institución universitaria líder en la educación superior y en el soporte científico y tecnológico para el desarrollo socio económico y cultural de la provincia de Chimborazo y del país, con calidad, pertinencia y reconocimiento social”

#### VISIÓN

“Formar profesionales competitivos, emprendedores, conscientes de su identidad nacional, justicia social, democracia y preservación del ambiente sano, a través de la generación, transmisión, adaptación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico para contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país”

### 3.4 Organigrama de la facultad de mecánica

**Figura 1** Organigrama de la Facultad de Mecánica



Fuente: (Revista Estructura Orgánico Funcional, 2003)

### 3.5 Análisis de los recursos existentes

Al realizar un análisis exhaustivo, a todos los elementos de salvamento, infraestructura, además de las señales actualmente ubicadas. Con el objetivo de determinar si cumplen todos los parámetros técnicos necesarios así como su funcionalidad.

**3.5.1 Señalética.** A pesar de existir un tipo de señalética ubicada en diferentes puntos dentro del edificio, esta no es la adecuada para el mismo, además de que no cumple con los requerimientos de la normativa ecuatoriana vigente, es decir no están impresas en un material reflectivo y su ubicación no es la adecuada. Según la norma ISO 16069 Sistemas de Señalización de Rutas de Evacuación, los pictogramas que indiquen la ruta de evacuación deben estar ubicados en unos puntos de decisión.

**Figura 2** Pictogramas de seguridad



Fuente: Autor

**3.5.2 Luces de emergencia.** Las luces de emergencia no están sujetas a un programa de revisión y mantenimiento para precautelar su estado físico y correcto funcionamiento.

**Figura 3** Luces de emergencia



Fuente: Autor

**3.5.3 Extintores.** En cuanto a extinguidores, no se encuentran ubicados en sus respectivos lugares, debido a que los gabinetes no cuentan con el cerrojo adecuado, se debe realizar esta adaptación ya que están ubicados en lugares en donde pueden ser sustraídos. La distancia de recorrido en ciertos puntos del edificio excede los 12m (que estipula la normativa NFPA 10 y la NTP INEN 802). Es decir existen puntos que a pesar de encontrarse en el radio de protección, tienen un recorrido demasiado largo hacia el extintor.

**Figura 4** Gabinete de extintor.



Fuente: Autor

### **3.6 Análisis del flujo de personas.**

En el edificio central de la Facultad de Mecánica se llevan a cabo actividades administrativas, educativas, de investigación y prácticas en los laboratorios existentes.

El edificio está compuesto por dos plantas. El uso de sus espacios se detalla en las tablas 2 y 3.

**Figura 5** Acceso principal al edificio central de la Facultad de Mecánica



Fuente: Autor

**Tabla 2** Área y capacidad de cada ambiente/espacio/lugar de la planta baja.

| <b>Entidad</b>  | <b>Espacios/ ambientes/ lugares</b>                  | <b>Área<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Ocup.</b> |
|-----------------|--|---------------------------------|--------------|
| Apoyo Académico | Oficina Docente 1.                                   | 26,75                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 2.                                   | 16,03                           | 3            |
| Apoyo Académico | Laboratorio de metalografía.                         | 72,42                           | 17           |
| Apoyo Académico | Laboratorio de ensayos no destructivos.              | 16,28                           | 5            |
| Apoyo Académico | Laboratorio de tratamientos térmicos.                | 32,45                           | 12           |
| Académico       | Aula 10.   | 25,48                           | 16           |
| Apoyo Académico | Laboratorio de Neumática.                            | 35                              | 12           |
| Académico       | Aula 8.  | 33,03                           | 21           |
| Académico       | Aula 9.  | 33,03                           | 21           |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 3.                                   | 22,78                           | 3            |
| Apoyo Académico | Laboratorio de Mecánica de Fluidos.                  | 167,49                          | 16           |
| Apoyo Académico | Laboratorio de Fluidos.                              | 52,10                           | 6            |
| Serv. Grales.   | Servicio Higiénico 1                                 | 17,00                           | 7            |
| Serv. Grales.   | Servicio Higiénico 2                                 | 17,00                           | 7            |
| Apoyo Académico | Laboratorio de Control Automático e Instrumentación. | 80,27                           | 11           |
| Serv. Grales.   | Bodega 1.  | 11,72                           | 2            |
| Apoyo Académico | Laboratorio de Resistencia de Materiales.            | 102,74                          | 12           |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 4.                                   | 15,46                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 5.                                   | 24,72                           | 3            |
| <b>TOTAL</b>    | <b>19 LOCACIONES</b>                                 | <b>786,29</b>                   | <b>180</b>   |

Fuente: Autor

**Tabla 3** Área y capacidad de cada ambiente/espacio/lugar de la planta alta.

| <b>Entidad</b>  | <b>Espacios/ ambientes/ lugares</b> | <b>Área<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Ocup.</b> |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Académico       | Aula 1.                             | 49,93                           | 30           |
| Académico       | Aula 2.                             | 64,30                           | 38           |
| Académico       | Aula 3.                             | 47,08                           | 28           |
| Académico       | Aula 4.                             | 37,08                           | 22           |
| Académico       | Aula 5.                             | 37,08                           | 22           |
| Académico       | Aula 6.                             | 48,95                           | 29           |
| Apoyo Académico | Laboratorio AP.                     | 65,23                           | 39           |
| Académico       | Aula 7.                             | 49,93                           | 30           |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 6.                  | 11,82                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 7.                  | 11,04                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 8.                  | 12,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 9.                  | 5,39                            | 2            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 10.                 | 12,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 11.                 | 10,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 12.                 | 10,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 13.                 | 12,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 14.                 | 5,39                            | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 15.                 | 12,00                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 16.                 | 11,04                           | 3            |
| Apoyo Académico | Oficina Docente 17.                 | 11,82                           | 3            |
| Administrativo  | Archivo.                            | 16,16                           | 3            |
| Administrativo  | Secretaria Dirección de Escuela     | 23,22                           | 5            |
| Administrativo  | Dirección de Escuela                | 16,94                           | 4            |
| Administrativo  | Secretaria Decanato.                | 24,93                           | 8            |
| Administrativo  | Decanato.                           | 23,22                           | 5            |
| Administrativo  | Secretaria Vicedecanato.            | 12,65                           | 4            |
| Administrativo  | Vicedecanato                        | 15,06                           | 4            |
| Apoyo Académico | Seguimiento a graduados - ACEE      | 16,06                           | 4            |
| <b>TOTAL</b>    | <b>28 LOCACIONES</b>                | <b>672,32</b>                   | <b>310</b>   |

Fuente: Autor

**Tabla 4** Número de personas que ocupan el edificio central.

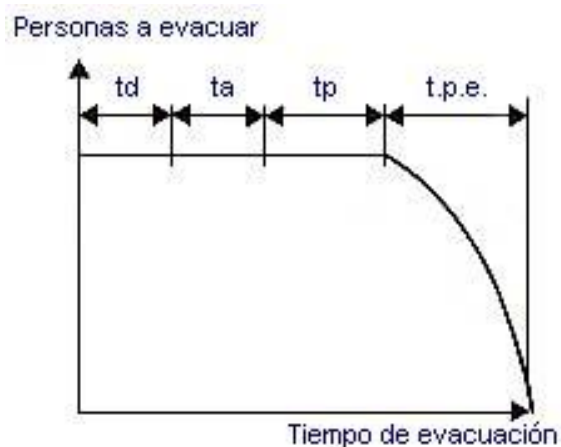
| Facultad de Mecánica.           |         |         |           |
|---------------------------------|---------|---------|-----------|
|                                 | Hombres | Mujeres | Sub Total |
| Administrativo                  |         | 4       | 4         |
| Limpieza                        | 2       |         | 2         |
| Técnico Docente                 |         | 1       | 1         |
| Escuela de Ingeniería Mecánica. |         |         |           |
| Administrativo                  |         | 1       | 1         |
| Catedráticos                    | 35      | 9       | 44        |
| Estudiantes                     | 447     | 71      | 518       |
|                                 |         | Total   | 570       |

Fuente: Autor

La capacidad del edificio es de aproximadamente 490 personas y los horarios de uso, mantienen el flujo de personas en una clasificación de flujo medio.

El tiempo de evacuación se lo va a desglosar en cuatro, tiempo de detección, de alarma, de retardo y el tiempo propio de evacuación.

**Figura 6** Diagrama del tiempo de evacuación.



Fuente: (INSHT, 1999)

Considerando que una persona adulta sin impedimentos físicos, su velocidad de desplazamiento horizontal podría oscilar entre un metro sobre segundo.

**Tabla 5** Tiempo de evacuación por dependencia en la planta baja.

| <b>Dependencia</b>                                   | <b>td<br/>(min)</b> | <b>ta<br/>(min)</b> | <b>tp<br/>(min)</b> | <b>t.p.e<br/>(min)</b> | <b>Te<br/>(min)</b> | <b>Te<br/>min:seg</b> |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Oficina Docente 1.                                   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,6                    | 14,6                | 14:38                 |
| Oficina Docente 2.                                   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,6                    | 14,6                | 14:39                 |
| Laboratorio de metalografía.                         | 10                  | 2                   | 2                   | 0,6                    | 14,6                | 14:36                 |
| Laboratorio de ensayos no destructivos.              | 10                  | 2                   | 2                   | 0,5                    | 14,5                | 14:27                 |
| Laboratorio de tratamientos térmicos.                | 10                  | 2                   | 2                   | 0,4                    | 14,4                | 14:23                 |
| Aula 10.   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,3                    | 14,3                | 14:19                 |
| Laboratorio de Neumática.                            | 10                  | 2                   | 2                   | 0,2                    | 14,2                | 14:13                 |
| Aula 8.  | 10                  | 2                   | 2                   | 0,1                    | 14,1                | 14:6                  |
| Aula 9.  | 10                  | 2                   | 2                   | 0,1                    | 14,1                | 14:8                  |
| Oficina Docente 3.                                   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,0                    | 14,0                | 14                    |
| Laboratorio de Mecánica de Fluidos.                  | 10                  | 2                   | 2                   | 0,1                    | 14,1                | 14:7                  |
| Bodega 2.  | 10                  | 2                   | 2                   | 0,2                    | 14,2                | 14:10                 |
| Laboratorio de Fluidos.                              | 10                  | 2                   | 2                   | 0,3                    | 14,3                | 14:21                 |
| Servicio Higiénico 1                                 | 10                  | 2                   | 2                   | 0,1                    | 14,1                | 14:6                  |
| Servicio Higiénico 2                                 | 10                  | 2                   | 2                   | 0,0                    | 14,0                | 14:3                  |
| Laboratorio de Control Automático e Instrumentación. | 10                  | 2                   | 2                   | 0,0                    | 14,0                | 14                    |
| Bodega 1.  | 10                  | 2                   | 2                   | 0,0                    | 14,0                | 14                    |
| Laboratorio de Resistencia de Materiales.            | 10                  | 2                   | 2                   | 0,2                    | 14,2                | 14:13                 |
| Oficina Docente 4.                                   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,1                    | 14,1                | 14:07                 |
| Oficina Docente 5.                                   | 10                  | 2                   | 2                   | 0,2                    | 14,2                | 14:10                 |

Fuente: Autor



**Tabla 6** Tiempo de evacuación por dependencia en la planta alta.

| <b>Dependencia</b>              | <b>td<br/>(min)</b> | <b>ta<br/>(min)</b> | <b>t.p.e<br/>(min)</b> | <b>Te<br/>(min)</b> | <b>Te<br/>min:seg</b> |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Aula 1.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,2                 | 14,2                  |
| Aula 2.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,6                 | 14,6                  |
| Aula 3.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,7                 | 14,7                  |
| Aula 4.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,8                 | 14,8                  |
| Aula 5.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,9                 | 14,9                  |
| Aula 6.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,8                 | 14,8                  |
| Laboratorio AP.                 | 10                  | 2                   | 2                      | 0,7                 | 14,7                  |
| Aula 7.                         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,7                 | 14,7                  |
| Oficina Docente 6 y 7           | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Oficina Docente 8.              | 10                  | 2                   | 2                      | 0,7                 | 14,7                  |
| Oficina Docente 9.              | 10                  | 2                   | 2                      | 0,6                 | 14,6                  |
| Oficina Docente 10 y 11         | 10                  | 2                   | 2                      | 0,6                 | 14,6                  |
| Oficina Docente 12.             | 10                  | 2                   | 2                      | 0,4                 | 14,4                  |
| Oficina Docente 13.             | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Oficina Docente 14, 15, 16 y 17 | 10                  | 2                   | 2                      | 0,7                 | 14,7                  |
| Archivo.                        | 10                  | 2                   | 2                      | 0,6                 | 14,6                  |
| Secretaria Dirección de Escuela | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Dirección de Escuela            | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Secretaria Decanato.            | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Decanato.                       | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Secretaria Vicedecanato.        | 10                  | 2                   | 2                      | 0,6                 | 14,6                  |
| Vicedecanato                    | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |
| Seguimiento a graduados ACEE    | 10                  | 2                   | 2                      | 0,5                 | 14,5                  |

Fuente: Autor.

El tiempo de detección (td) oscila entre diez minutos (máximo) y de un minuto con detección automática.

El tiempo de alarma (ta) es propio de la emisión de mensajes, luces o sonidos y no debe exceder el minuto.

El tiempo de retardo (tp) con personal previamente capacitado en situaciones de emergencia no excederá el minuto, pero puede llegar a cinco minutos como máximo. (INSHT, 1999)

De tal manera determinamos el tiempo de evacuación en cada uno de las dependencias que existen dentro del edificio de Central de la Facultad de Mecánica.

Se podría considerar que el tiempo máximo para la evacuación de todo el edificio oscila entre los catorce y dieciocho minutos. (ver tabla 5 y tabla 6)

### **3.7 Instalaciones físicas.**

Las puertas de acceso a la facultad no cumplen con las recomendaciones de la normativa vigente y recomendada para edificios de educación. Dichas puertas se abren hacia el interior del edificio y no hacia la parte externa del mismo. (ISO, 2011). Las puertas de las aulas y oficinas cuentan con el mismo problema.

En las oficinas no se cuenta con ningún tipo de protección adicional, a pesar de que son los puntos de mayor vulnerabilidad debido a que almacenan equipos electrónicos (computadoras, impresoras, etc).

**3.7.1 Pasillos.** El edificio es una construcción relativamente antigua en la cual no se aplicó ninguna norma de seguridad, accesibilidad o usabilidad. A pesar de ello cumple con los requerimientos mínimos para la circulación del personal especificados en la norma NTE INEN ISO 21542 Accesibilidad y Usabilidad del Entorno Edificado.

**3.7.2 Escaleras de acceso.** El edificio cuenta con dos escaleras de acceso. Las mismas que cumplen con las dimensiones de anchura establecidas en la norma ISO

21542, pero existen una variabilidad aceptable en las dimensiones del alto de cada escalón, a pesar de que no exista el biselado recomendado.

### 3.8 Análisis del nivel de riesgo de incendio.

Para el cálculo del nivel de riesgo en el edificio central de la Facultad de Mecánica, utilizaremos el método MESSERI.

A pesar de que el número de personas que ocupan el edificio es de 570 personas, el edificio en su capacidad máxima solo puede albergar a 490 personas aproximadamente, lo cual lo clasifica como un flujo medio.

Se va a dividir en secciones, ya que el riesgo, tipo de fuego y por ende todos los factores que intervienen en el análisis son diferentes debía a que en el edificio es de uso múltiple. (ver tabla 7)

Para determinar la carga térmica utilizamos la fórmula:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n G_i q_i C_i}{A} R_a \quad (1)$$

En donde  $Q_s$  corresponde a la carga de fuego ponderada y corregida del sector a área;  $G_i$  es la masa en kilogramos de cada elemento combustible;  $q_i$  es el poder calorífico de cada uno de los elementos combustibles;  $C_i$  es un coeficiente adimensional que está relacionado a su grado de peligrosidad;  $R_a$  es un coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad y que tiene una estrecha relación a su peligro de activación;  $A$  es el área o superficie del sector analizado y  $n$  es la cantidad de materiales combustibles. (BOE, 2004)

Debido a la diversidad de elementos combustibles que se encuentran dentro de las diferentes secciones utilizaremos una variación de la formula anterior.

$$Q_s = \frac{\sum_{i=1}^n q_{si} S_i C_i}{A} R_a$$

**Tabla 7 Secciones de riesgo de incendio**

| Sección | Dependencias  | Sección | Dependencias                   |
|---------|---|---------|--------------------------------|
| 1       | Oficina Docente 1.                                      | 13      | Oficina Docente 13.            |
|         | Oficina Docente 2.                                      |         | Oficina Docente 14.            |
|         | Aula 10.  |         | Oficina Docente 15.            |
|         | Laboratorio de ensayos no destructivos.                 |         | Oficina Docente 16.            |
| 2       | Laboratorio de metalografía.                            |         | Aula 2.                        |
| 3       | Laboratorio de tratamientos térmicos.                   |         | Aula 3.                        |
| 4       | Laboratorio de Neumática.                               |         | Aula 4.                        |
| 5       | Aula 8.   | 14      | Aula 5.                        |
|         | Aula 9.   |         | Aula 6.                        |
|         | Oficina Docente 4.                                      |         | Laboratorio AP.                |
| 6       | Oficina Docente 5.                                      |         | Oficina Docente 7.             |
| 7       | Laboratorio de Resistencia de Materiales.               |         | Oficina Docente 8.             |
| 8       | Laboratorio de Control Automático e Instrumentación.    |         | Oficina Docente 9.             |
| 9       | Laboratorio de Fluidos.                                 |         | Oficina Docente 10.            |
| 10      | Laboratorio de Turbo Maquinaria.                        | 15      | Aula 7.                        |
| 11      | Oficina Docente 3.                                      |         | Seguimiento a graduados - ACEE |
| 12      | Aula 1.   |         | Oficina Docente 11.            |
|         | Oficina Docente 17.                                     |         | Secretaria Decanato.           |
|         | Archivo.  |         | Decanato.                      |
|         | Oficina Docente 12.                                     |         | Secretaria Vicedecanato.       |
|         | Secretaria Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica. |         | Vicedecanato                   |
|         | Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica.            |         |                                |

Fuente: Autor

En la misma  $Q_s$ ,  $C_i$ ,  $R_a$ ,  $A$ ; tienen el mismo significado,  $q_{si}$  es la densidad de carga de fuego por cada una de las zonas existentes,  $S_i$  es la superficie de cada zona. (INSHT, 2001)

Para poder utilizar los valores obtenidos debemos tenerlos en Mega Joulios sobre metro cuadrado y para poder utilizar estos mismos valores en la norma NFPA 10 Norma para Extintores Portatiles Contra Incendios, debemos tener estos valores en kilogramos sobre metro cuadrado. Ver Anexos C y D. (ver tabla 8)

Realizaremos un análisis con el método MESERI, este tipo de análisis se lo realiza en base a dos criterios factores de protección y los factores propios de construcción. Cada uno de estos factores se divide en sub factores para su respectivo análisis.

La ecuación final que utiliza el método MESERI es:

$$R = \frac{5}{129}x + \frac{5}{30}y \quad (2)$$

Donde R es el valor resultante del riesgo, si este valor es menor a o igual a 5 no es aceptable y si es mayor a 5 el riesgo se lo considerara aceptable. “x” Es la suma de los factores agravantes y “y” es la suma de los factores de protección.

**Tabla 8** Calificación del riesgo método MESERI

|        |      |        |       |           |
|--------|------|--------|-------|-----------|
| 0-2    | 3-4  | 5-6    | 7-8   | 9-10      |
| Pésimo | Malo | Normal | Bueno | Muy bueno |

Fuente: (MORENO, 2004)

Trivial, riesgo muy leve, No requiere de acción específica.  $P= 8,1$  a  $10$ . Aceptable, riesgo leve, No se necesita mejorar el control del riesgo, sin embargo deben considerarse soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requiere comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.  $P= 6,1$  a  $8$ . Riesgo medio Es necesario controlar el riesgo en el mínimo tiempo posible (Requiere de Plan y Brigadas de Emergencia).  $P= 4,1$  a  $6$

**Tabla 9** Carga térmica ponderada por secciones.

| Sección | Carga térmica<br>Ponderada<br>(Mcal/m2) | Carga térmica<br>Ponderada<br>(MJ/m2) | Carga térmica<br>Ponderada<br>(kg/m2) |
|---------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | 8                                       | 34                                    | 1,82                                  |
| 2       | 1                                       | 5                                     | 0,29                                  |
| 3       | 3                                       | 12                                    | 0,66                                  |
| 4       | 3                                       | 11                                    | 0,61                                  |
| 5       | 4                                       | 18                                    | 0,96                                  |
| 6       | 8                                       | 32                                    | 1,72                                  |
| 7       | 1                                       | 4                                     | 0,21                                  |
| 8       | 1                                       | 5                                     | 0,27                                  |
| 9       | 2                                       | 8                                     | 0,41                                  |
| 10      | 1                                       | 2                                     | 0,13                                  |
| 11      | 8                                       | 34                                    | 1,87                                  |
| 12      | 166                                     | 697                                   | 37,85                                 |
| 13      | 7                                       | 31                                    | 1,69                                  |
| 14      | 7                                       | 31                                    | 1,67                                  |
| 15      | 11                                      | 48                                    | 2,60                                  |

Fuente: Autor

Importante riesgo grave, No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo, puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Es necesario controlar el riesgo en el mínimo tiempo posible (Requiere de Plan y Brigadas de Emergencia). P= 2,1 a 4. Intolerable riesgo muy grave, No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo, si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo. No se puede tolerar el riesgo de incendio. Conviene tomar medidas preventivas lo más pronto posible. (Requiere obligadamente Plan y Brigadas de Emergencia). P= 0 a 2

Factores de construcción, el número de plantas o altura del edificio incide en la propagación de un incendio, es decir mientras más alto el edificio, más rápida será su propagación.

**Tabla 10** Factores de construcción, método MESERI

| Número de plantas | Altura (m)    | Puntuación |
|-------------------|---------------|------------|
| 1-2               | Inferior a 6  | 3          |
| 3 a 5             | Entre 6 y 15  | 2          |
| 6 a 9             | Entre 16 y 28 | 1          |
| Más de 10         | Más de 28     | 0          |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

La superficie de mayor sector de incendio; en este factor la superficie debe tener como mínimo una calificación de RF-120 o mejor.

**Tabla 11** Factores de la superficie de mayor sector de incendio

| Superficie (m <sup>2</sup> ) | Puntuación |
|------------------------------|------------|
| Inferior a 500               | 5          |
| De 501 a 1500                | 4          |
| De 1501 a 2500               | 3          |
| De 2501 a 3500               | 2          |
| De 3501 a 4500               | 1          |
| Más de 4500                  | 0          |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Resistencia al fuego de los elementos constructivos, nos referimos a los elementos que constituyen la estructura del edificio, se considera “Alta” la resistencia de elementos de hormigón, “Baja” los elementos como acero, varillas desnudos. (MUÑOZ, 1983)

**Tabla 12** Factores de resistencia al fuego

| <b>Resistencia al Fuego</b> | <b>Factor</b> |
|-----------------------------|---------------|
| Alta                        | 10            |
| Media                       | 5             |
| Baja                        | 0             |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Falsos techos y suelos, facilitan la acumulación de residuos o desechos y en ocasiones dificultan la detección temprana del incendio, permiten el movimiento descontrolado de humos y limitan la ubicación correcta de los extintores. (MUÑOZ, 1983)

**Tabla 13** Factores para falsos techos

| <b>Falsos techos</b>     | <b>Factor</b> |
|--------------------------|---------------|
| No existen               | 5             |
| Incombustibles (M0)      | 3             |
| Combustibles (M4 o peor) | 0             |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Factores de situación, este factor se divide en sub factores que son; la cercanía de los bomberos al sitio analizado, es decir que distancia y en qué tiempo van a llegar los bomberos al sitio del incendio. De la misma manera la accesibilidad a el edificio es otro sub factor que se debe analizar es decir si existe las vías adecuadas para el combate al incendio.

**Tabla 14** Factor de distancia entre el edificio y el cuerpo de bomberos

| <b>Distancia (km)</b> | <b>Tiempo (min)</b> | <b>Puntuación</b> |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Menor de 5            | Menor de 5          | 10                |
| Entre 5 y 10          | Entre 5 y 10        | 8                 |
| Entre 10 y 15         | Entre 10 y 15       | 6                 |
| Entre 15 y 20         | Entre 15 y 25       | 2                 |
| Más de 20             | Mayor a 25          | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)



**Tabla 15** Factores de accesibilidad al edificio

| <b>Accesibilidad</b> | <b>Puntuación</b> |
|----------------------|-------------------|
| Buena                | 5                 |
| Media                | 3                 |
| Mala                 | 1                 |
| Muy mal              | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Factores de proceso u operación; este factor se subdivide para mejorar su análisis. El peligro de activación, se evalúa las fuentes de ignición dentro del proceso productivo o servicios y actividades complementarias.

**Tabla 16** Factores del peligro de activación

| <b>Peligro de Activación</b> | <b>Puntuación</b> |
|------------------------------|-------------------|
| Alto                         | 10                |
| Medio                        | 5                 |
| Bajo                         | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

La carga térmica es la cantidad de calor por unidad de superficie que está en capacidad de producir una combustión; para nuestro caso hay que tomar muy en cuenta los elementos inmobiliarios.

**Tabla 17** Factores de carga térmica

| <b>Carga Térmica (MJ/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Puntuación</b> |
|---|-------------------|
| Baja (Inferior a 1000)                  | 10                |
| Moderada (Entre 1000 y 200)             | 5                 |
| Alta (Entre 2000 y 5000)                | 2                 |
| Muy Alta (Superior a 5000)              | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Inflamabilidad de los combustibles, evaluamos la peligrosidad de los combustible, si existieran y su eminente ignición, la temperatura, el punto de inflamación e

inflamabilidad son las variables que más inciden al momento de determinar un valor de asignación.

**Tabla 18** Inflamabilidad de los materiales

| <b>Inflamabilidad</b> | <b>Puntuación</b> |
|-----------------------|-------------------|
| Baja                  | 5                 |
| Media                 | 3                 |
| Alta                  | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

El orden y limpieza dentro del lugar de trabajo así como la existencia de personal capacitado y los planes de mantenimiento.

**Tabla 19** Factores de orden y limpieza

| <b>Orden y Limpieza</b> | <b>Puntuación</b> |
|-------------------------|-------------------|
| Alto                    | 10                |
| Medio                   | 5                 |
| Bajo                    | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Almacenamiento en altura, solo si son mayores a dos metros, incrementa el riesgo de incendio.

**Tabla 20** Factores de almacenamiento en altura

| <b>Almacenamiento en Altura</b> | <b>Puntuación</b> |
|---------------------------------|-------------------|
| Menor a 2m                      | 3                 |
| Entre 2m y 6m                   | 2                 |
| Superior a 6m                   | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Concentración de bienes, la cuantía de la pérdida económica que pueda ocasionar un incendio depende del contenido y daños que pueda sufrir la infraestructura. (ver tabla 21). Factores de destructibilidad. Esto nos especifica que por la actuación de humo, corrosión, agua o calor la edificación, materia prima, etc. Pudiera recibir algún daño. (ver tabla 22)

**Tabla 21** Factores de concentración de bienes

| <b>Concentración de bienes (euros/m<sup>2</sup>)</b> | <b>Puntuación</b> |
|--|-------------------|
| Inferior a 600                                       | 3                 |
| Entre 600 y 1500                                     | 2                 |
| Superior a 1500                                      | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

**Tabla 22** Factores de destructibilidad por calor

| <b>Calor</b> | <b>Puntuación</b> |
|--------------|-------------------|
| Baja         | 10                |
| Media        | 5                 |
| Alta         | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

**Tabla 23** Factores de destructibilidad por humo

| <b>Humo</b> | <b>Puntuación</b> |
|-------------|-------------------|
| Baja        | 10                |
| Media       | 5                 |
| Alta        | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

**Tabla 24** Factores de destructibilidad por corrosión

| <b>Corrosión</b> | <b>Puntuación</b> |
|------------------|-------------------|
| Baja             | 10                |
| Media            | 5                 |
| Alta             | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

**Tabla 25** Factores de destructibilidad por agua

| <b>Agua</b> | <b>Puntuación</b> |
|-------------|-------------------|
| Baja        | 10                |
| Media       | 5                 |
| Alta        | 0                 |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Factores de propagabilidad. La propagación del incendio dependerá de la disposición espacial de los elementos combustibles existentes.

**Tabla 26** Factores de propagabilidad horizontal

| Horizontal | Puntuación |
|------------|------------|
| Baja       | 5          |
| Media      | 3          |
| Alta       | 0          |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

**Tabla 27** Factores de propagabilidad vertical

| Vertical | Puntuación |
|----------|------------|
| Baja     | 5          |
| Media    | 3          |
| Alta     | 0          |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Instalaciones de protección contra incendios. Tenemos varios sub factores a ser analizados, además de que no en todas las secciones existen los mismos elementos de protección o detección. Existen instalaciones de detección automática que están conectadas a una central de alarma (CRA) y que además se encuentran con un plan de mantenimiento y revisión preventivo. Lamentablemente en el edificio central no existe un plan de mantenimiento preventivo para ningún elemento de prevención o manejo contra incendio.

Organización de la protección contra incendios. Aquí encontraremos a los equipos de primera intervención (EPI), personal capacitado para manejar los extintores portátiles de cualquier tipo, dar la voz de alerta de incendio, generalmente conformado por dos personas en cada una de las plantas o secciones. Y los equipos de segunda intervención (ESI), que vienen hacer las distintas brigadas que deben existir para la prevención y evacuación en caso de cualquier eventualidad.

En las tablas 28 y 29 se puede observar los valores correspondientes a la ponderación.

**Tabla 28** Factores de elementos de detección y protección automática contra incendio

| Concepto               | Puntuación               |                          |                          |                       |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
|                        | Con Vigilancia Humana    |                          | Sin Vigilancia Humana    |                       |
|                        | Con<br>Conexión a<br>CRA | Sin<br>Conexión a<br>CRA | Con<br>Conexión a<br>CRA | Sin Conexión<br>a CRA |
| Detección automática   | 4                        | 3                        | 2                        | 0                     |
| Rociadores automáticos | 8                        | 7                        | 6                        | 5                     |

Fuente: Autor

**Tabla 29** Factores de protección y prevención de incendios

| Concepto                    | Puntuación            |                       |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                             | Con vigilancia Humana | Sin vigilancia Humana |
| Extintores portátiles       | 2                     | 1                     |
| Bocas de incendio equipadas | 4                     | 2                     |
| Hidrantes exteriores        | 4                     | 2                     |
| Planes de emergencia        | 4                     | 2                     |

Fuente: Autor

**Tabla 30** Factores del EPI y ESI

|     | Puntuación |
|-----|------------|
| EPI | 2          |
| ESI | 4          |

Fuente: (MAPFRE, 1978)

Una vez que se tiene en claro los conceptos, factores y valores a evaluar procedemos a asignar los valores correspondientes a cada una de las secciones, así como un valor a toda la infraestructura del edificio central de la Facultad de Mecánica.

**Tabla 31** Asignación de valores a los factores de construcción y situación dentro del edificio central de la Facultad de Mecánica

|                 | <b>Factores de construcción</b> |                   |                             |                      | <b>Factores de Situación</b>                       |                                  |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|--|----------------------------------|
| <b>Sección</b>  | <b>Nº de pisos</b>              | <b>Superficie</b> | <b>Resistencia al fuego</b> | <b>Falsos Techos</b> | <b>Distancia de los bomberos/Tiempo de llegada</b> | <b>Accesibilidad al edificio</b> |
| 1               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 2               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 3               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 4               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 5               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 6               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 7               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 8               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 9               | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 10              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 11              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 12              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 13              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 14              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| 15              | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |
| <b>EDIFICIO</b> | 3                               | 5                 | 10                          | 5                    | 10   | 3                                |

Fuente: Autor

**Tabla 32** Asignación de valores a los factores de proceso o actividad y concentración dentro del edificio central de la Facultad de Mecánica

|                | <b>Factores de proceso/Actividad</b>                   |                      |   |  |                                     | <b>F. C.<br/>V.</b>                               |
|----------------|--|----------------------|---|--|-------------------------------------|---|
| <b>Sección</b> | <b>Peligro de activación<br/>(Fuentes de ignición)</b> | <b>Carga Térmica</b> | <b>Inflamabilidad de los<br/>combustibles</b> | <b>Orden, Limpieza y<br/>Mantenimiento</b> | <b>Almacenamiento en<br/>Altura</b> | <b>Factor de<br/>concentración de<br/>valores</b> |
| 1              | 5  | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 2              | 10   | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 3              | 10   | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 4              | 10   | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 5              | 10   | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 6              | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 7              | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 8              | 10   | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 9              | 10   | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 10             | 5  | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 11             | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 12             | 5  | 10                   | 5   | 5  | 0                                   | 2   |
| 13             | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 14             | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| 15             | 5  | 10                   | 5   | 10   | 0                                   | 2   |
| EDIFICIO       | 5  | 5                    | 5   | 5  | 0                                   | 0   |

Fuente: Autor

**Tabla 33** Asignación de valores a los factores de destructibilidad y propagación dentro del edificio central de la Facultad de Mecánica

|                | <b>Factores de destructibilidad</b> |                 |                      |                 | <b>Factores de propagación</b> |                   |
|----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|
| <b>Sección</b> | <b>Por calor</b>                    | <b>por Humo</b> | <b>Por Corrosión</b> | <b>Por agua</b> | <b>Vertical</b>                | <b>Horizontal</b> |
| 1              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 2              | 10                                  | 10              | 5                    | 10              | 5                              | 5                 |
| 3              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 4              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 5              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 6              | 10                                  | 10              | 10                   | 5               | 5                              | 5                 |
| 7              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 8              | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 9              | 10                                  | 10              | 5                    | 10              | 5                              | 5                 |
| 10             | 10                                  | 10              | 5                    | 10              | 5                              | 5                 |
| 11             | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 12             | 10                                  | 10              | 10                   | 0               | 5                              | 5                 |
| 13             | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 14             | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |
| 15             | 10                                  | 10              | 10                   | 5               | 5                              | 5                 |
| EDIFICIO       | 10                                  | 10              | 10                   | 10              | 5                              | 5                 |

Fuente: Autor



**Tabla 34** Asignación de valores a los factores de protección dentro del edificio central de la Facultad de Mecánica

|                | <b>Factores de Protección</b> |                               |                              |                                    |                             |   |   |  |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---|---|--|
| <b>Sección</b> | <b>detección Automática</b>   | <b>Rociadores Automáticos</b> | <b>Extintores Portátiles</b> | <b>Bocas de Incendio Equipadas</b> | <b>Hidrantes Exteriores</b> | <b>Equipo de primera Intervención (EPI)</b> | <b>Equipo de Segunda Intervención (ESI)</b> | <b>Plan de autoprotección y emergencia</b> |
| 1              | 0                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 2              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 3              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 4              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 5              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 6              | 0                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 7              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 8              | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 9              | 0                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 10             | 0                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 11             | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 12             | 1                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 13             | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 14             | 0                             | 0                             | 1                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| 15             | 1                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |
| EDIFICIO       | 0                             | 0                             | 0                            | 0                                  | 0                           | 0   | 0   | 0  |

Fuente: Autor

**Tabla 35** Resultado del análisis del método de evaluación y riesgo de incendio (MESERI)

|          | R                  |
|----------|--------------------|
| Sección  | Riesgo de Incendio |
| 1        | 5                  |
| 2        | 4                  |
| 3        | 5                  |
| 4        | 5                  |
| 5        | 5                  |
| 6        | 5                  |
| 7        | 5                  |
| 8        | 5                  |
| 9        | 5                  |
| 10       | 4                  |
| 11       | 5                  |
| 12       | 4                  |
| 13       | 5                  |
| 14       | 5                  |
| 15       | 5                  |
| Edificio | 4                  |

Fuente: Autor

Como resultado del análisis de riesgo de incendio por el método de MESERI, se obtiene una calificación promedio del riesgo de cuatro, lo cual significa que necesitamos elaborar el plan de manejo contra incendio e implementar medidas correctivas de inmediato.

Se puede seguir realizando las actividades pero se debe implementar los planes de emergencia y evacuación además de la creación de las distintas brigadas.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. DISEÑO DEL PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN ANTE UN RIESGO DE INCENDIO**

#### **4.1 Objetivo general**

Asegurar la integridad física de cada una de las personas que se encuentren dentro del edificio Central de la Facultad de Mecánica ante un riesgo de incendio.

#### **4.2 Objetivos específicos**

Elaborar el sistema de señalización de rutas de evacuación.

Elaborar el mapa de evacuación adecuado, de fácil comprensión e interpretación.

Minimizar el número de emergencia en caso de incendio.

Salvaguardar los bienes que se encuentren dentro del edificio Central de la Facultad de Mecánica.

Instalar los elementos de salvamento necesarios a utilizar en caso de suscitarse un incendio.

Controlar de forma rápida y efectiva cualquier conato de incendio que pueda suscitarse.

#### **4.3 Aspecto temporal.**

Todos en algún momento de la vida hemos escuchado o en el peor de los casos nos ha tocado vivir un evento que interrumpe nuestro tranquilo diario vivir. Por ello la necesidad de un plan de emergencia y contingencia en lugares de concurrencia de público es necesaria, correctamente planificado y organizado. (INSHT, 1999)

Por ello antes de hablar de un plan de emergencia y contingencia debemos equipar de la mejor manera a la edificación para poder detectar y combatir en sus primeras etapas un incendio. De la misma manera buscaremos toda la serie de acciones que debemos implementar para disminuir las consecuencias en caso de suscitarse un incendio.

Analizaremos de forma independiente cada uno de los tiempos que intervienen en el tiempo total de evacuación.

El tiempo de detección ( $t_d$ ) lo disminuirémos con elementos de detección automática ubicados en los puntos de mayor riesgo de incendio.

El tiempo de alarma ( $t_a$ ) se elegirá de forma técnica y adecuada al personal que conformara las diferentes brigadas.

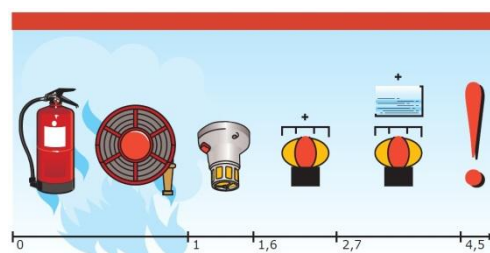
El tiempo de retardo ( $t_p$ ) mediante capacitaciones y simulacros prepararemos a todas las personas que realizan sus actividades dentro del Edificio Central de la Facultad de Mecánica, para que estén preparadas y sepan que hacer antes (prevención), durante (evacuación), después (retroalimentación) de una emergencia.

El tiempo de evacuación ( $t_{p.e}$ ), no se modificara, debido a que las personas que se encuentren dentro del edificio no deben caer en desesperación y aumentar la velocidad de evacuación de esta manera evitar accidentes durante la emergencia.

#### 4.4 Selección y ubicación de los elementos de salvamento y detección.

Para seleccionar el tipo de equipo de protección y detección de incendio utilizaremos la siguiente gráfica.

**Figura 7.** Escala de riesgo inicial ( $R_0$ ).



Fuente: (METODO FRAME, 2012)

Esta escala se utiliza en el diseño del compartimento, para tener una orientación a la hora de escoger una protección contra incendio efectiva.

**Tabla 36.** Interpretación del valor de Ro.

| Ro         | Elementos de protección  |
|------------|--|
| 0-1        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extintor – Boca de incendio.</li> </ul>   |
| 1,1 – 1,6  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extintor – Boca de incendio.</li> <li>• Detección automática.</li> </ul>  |
| 1,61 – 2,7 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección automática.</li> <li>• Rociadores – Extinción automática.</li> </ul>  |
| 2,71 – 4,5 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección automática.</li> <li>• Rociadores – Extinción automática.</li> <li>• Abastecimiento de una columna de agua</li> </ul> |
| Ro > 4,5   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de los elementos constructivos</li> </ul>  |

Fuente: (METODO FRAME, 2012)

Para el cálculo del valor de Ro, utilizaremos las siguientes ecuaciones.

$$R_o = \frac{P}{A \times F_o} \quad (3)$$

Dónde:

$P$  = Riesgo Potencial.

$A$  = Riesgo Admisible.

$F_o$  = Resistencia estructural.

$$P = q \times i \times g \times e \times v \times z \quad (4)$$

Dónde:

$q$  = Factor de carga calorífica.

$i$  = Factor de propagación.

$g$  = Factor de geometría.

$e$  = Factor de Plantas.

$v$  = Factor de ventilación.

$z$  = Factor de acceso.

$$q = \frac{2}{3} \log(Q_i + Q_m) - 0,55 \quad (5)$$

Dónde:

$Q_i$  = Carga térmica inmobiliaria (muebles, cortinas, etc.)

$Q_m$  = carga térmica.

$$i = 1 - \frac{T}{1000} - 0,1 \log m + \frac{M}{10} \quad (6)$$

Dónde:

$T$  = Temperatura necesaria para dañar los materiales.

$m$  = Dimensión media del contenido.

$M$  = Clase de reacción al fuego de las superficies.

$$g = \frac{b + 5 \sqrt[3]{l \times b^2}}{200} \quad (7)$$

Dónde:

$l$  = Longitud del compartimento.

$b$  = Anchura del compartimento.

$$e = \left[ \frac{(E+3)}{(E+2)} \right]^{0,7|E|} \quad (8)$$

Dónde:

$E$  = Numero de plantas.

$$v = 0,84 + 0,1 \log Q_m - \sqrt{k \times \sqrt{h}} \quad (9)$$

Dónde:

$Q_m$  = Carga Calorífica.

$k$  = Relación entre superficies.

$h$  = Altura del techo.

$$z = 1 + 0,05ENT \left[ \frac{b}{20z} + \frac{H^+}{25} o \frac{H^-}{3} \right] \quad (10)$$

Dónde:

$b$  = Anchura del compartimento.

$H$  = Diferencia entre el compartimento y el nivel del suelo.

$Z$  = Numero de accesos.

$$A = 1,6 - a - t - c \quad (11)$$

Dónde:

$a$  = Factor de activación.



$t$  = Factor tiempo.

$c$  = Factor de contenido.

$$a = \sum a_i \quad (12)$$

Dónde:

$a_i$  = Posibles fuentes de ignición existentes

$$t = \frac{p \times x \left[ (b+1) + \left( \frac{X}{x} \right) + 1,25H + 2H \right] \times (b+1)}{800K \times [1,4x \times (b+1) - 0,44X]} \quad (13)$$

Dónde:

$X$  = Densidad de ocupación.

$P$  = Movilidad

$x$  = Características de los recorridos de evacuación.

$K$  = Número de direcciones distintas para la evacuación.

$$c = c_1 + c_2 \quad (14)$$

Dónde:

$c_1$  = Posibilidades de reemplazo de los bienes.

$c_2$  = Valor del contenido

$$F_o = 1 + \frac{f_s}{100} - \frac{f_s^{2,5}}{10^6} \quad (15)$$

Dónde:

$F_s$  = Resistencia al fuego de la estructura

Al analizar todas las variables y realizar los cálculos respectivos se encontró el valor de Ro y ubicaremos los elementos de protección contra incendios pertinentes.

**Tabla 37** Valores de riesgo potencial, admisible e inicial

|         | Riesgo Potencial | Riesgo Admisible | Riesgo Inicial |
|---------|------------------|------------------|----------------|
| Sección | P                | A                | Ro             |
| 1       | 0,1              | 1,1              | 0,25           |
| 2       | 0,1              | 0,7              | 0,32           |
| 3       | 0,1              | 0,7              | 0,31           |
| 4       | 0,2              | 0,7              | 0,64           |
| 5       | 0,1              | 0,7              | 0,42           |
| 6       | 0,2              | 0,8              | 0,70           |
| 7       | 0,2              | 0,6              | 0,86           |
| 8       | 0,2              | 0,7              | 0,76           |
| 9       | 0,1              | 0,7              | 0,33           |
| 10      | 0,2              | 0,6              | 0,94           |
| 11      | 0,1              | 1,2              | 0,16           |
| 12      | 0,2              | 1,1              | 0,53           |
| 13      | 0,4              | 1,1              | 0,86           |
| 14      | 0,3              | 1,1              | 0,83           |
| 15      | 0,3              | 1,1              | 0,84           |

Fuente: Autor (Anexo F)

Como resultado se tiene que en todas las secciones solo se ubicaran extintores portátiles, para su selección y ubicación se utilizara la norma NFPA 10. Para ello identificaremos el tipo de fuego que puede producirse en cada sección y carga térmica pondera.

**Tabla 38** Área máxima protegida por extintores en pies

| <b>Clasificación del extintor</b> | <b>Ocupación de riesgo leve</b> | <b>Ocupación de riesgo ordinario</b> | <b>Ocupación de riesgo alto</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1A                                | —                               | —                                    | —                               |
| 2A                                | 6.000                           | 3.000                                | —                               |
| 3A                                | 9.000                           | 4.500                                | —                               |
| 4A                                | 11.250                          | 6.000                                | 4.000                           |
| 6A                                | 11.250                          | 9.000                                | 6.000                           |
| 10A                               | 11.250                          | 11.250                               | 10.000                          |
| 20A                               | 11.250                          | 11.250                               | 11.250                          |
| 30A                               | 11.250                          | 11.250                               | 11.250                          |
| 40A                               | 11.250                          | 11.250                               | 11.250                          |

Fuente: (NFPA, 2007)

**Tabla 39** Tamaño del extintor de incendios y localización para riesgos clase B

| <b>Tipo de riesgo</b> | <b>Clasificación básica mínima del Extintor</b> | <b>Distancia Máxima de recorrido hasta los Extintores</b> |          |
|-----------------------|---|---|----------|
|                       |   | <b>pies</b>   | <b>m</b> |
| Leve (bajo)           | 5B  | 30  | 9,15     |
|                       | 10B   | 50  | 15,25    |
| Ordinario (moderado)  | 10B   | 30  | 9,15     |
|                       | 20B   | 50  | 15,25    |
| Extraordinario (alto) | 40B   | 30  | 9,15     |
|                       | 80B   | 50  | 15,25    |

Fuente: (NFPA, 2007)

Para poder utilizar las tablas 38 y 39 primero debemos clasificar el riesgo existente en cada una de las secciones entendiéndose que un riesgo leve es menor a  $35\text{kg/m}^2$ , un riesgo moderado esta entre los 35 y  $75\text{kg/m}^2$  y un riesgo alto esta con un valor superior a los  $75\text{kg/m}^2$

Por tanto tenemos:

**Tabla 40** Clasificación del riesgo en las diferentes secciones de acuerdo a la carga térmica.

| Sección | Carga térmica Ponderada ( $\text{kg/m}^2$ ) | Clasificación del riesgo |
|---------|---|--------------------------|
| 1       | 1,82  | Leve                     |
| 2       | 0,29  | Leve                     |
| 3       | 0,66  | Leve                     |
| 4       | 0,61  | Leve                     |
| 5       | 0,96  | Leve                     |
| 6       | 1,72  | Leve                     |
| 7       | 0,21  | Leve                     |
| 8       | 0,27  | Leve                     |
| 9       | 0,41  | Leve                     |
| 10      | 0,13  | Leve                     |
| 11      | 1,87  | Leve                     |
| 12      | 37,85                                       | Moderado                 |
| 13      | 1,69  | Leve                     |
| 14      | 1,67  | Leve                     |
| 15      | 2,60  | Leve                     |

Fuente: Autor

**Tabla 41** Características de los extintores (extracto)

| <b>Agente extintor</b>                                 | <b>Método de operación</b> | <b>Capacidad</b> | <b>Alcance Horizontal del chorro</b> | <b>Tiempo Aproximado de descargue</b> | <b>Protección requerís bajo 40°F (4°C)</b> | <b>Clasificaciones UL o ULC</b> |
|--|----------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------|
| <b>Dióxido de carbono</b>                              | Auto-expelente             | 2 ½ a 5lb        | 3 a 8 pies                           | 8 a 30 seg.                           | No   | 1 a 5-B:C                       |
|  | Auto-expelente             | 10 a 15lb        | 3 a 8 pies                           | 8 a 30 seg.                           | No   | 2 a 10-B:C                      |
| <b>Químico seco multiusos/A BC (fosfato de amonio)</b> | Presurizado                | 1 a 5lb          | 5 a 12 pies                          | 8 a 10 seg.                           | No   | 1 a 3-A y 2 a 10-B:C            |
|  | Presurizado o cápsula      | 2½ a 9lb         | 5 a 12 pies                          | 8 a 15 seg.                           | No   | 1 a 4-A y 10 a 40-B:C           |
|  | Presurizado o cápsula      | 9 a 17lb         | 5 a 20 pies                          | 10 a 25 seg.                          | No   | 2 a 20-A y 10 a 80-B:C          |

Fuente: (NFPA, 2007)

Con la clasificación del riesgo de incendio, se utiliza la tabla 38 para fuegos de tipo A y en la tabla 39 para fuegos de tipo B. Ninguna de las secciones evaluadas supera el valor de 6000 ft<sup>2</sup> en riesgos leves o 3000ft<sup>2</sup> en riesgos moderados, por lo tanto para incendios de clase A todos se clasificaran en 2A. Para los lugares con una probabilidad de incendio clase B, ningún recorrido, en ninguna de las secciones con ese tipo de riesgo es mayor a 9,15m por lo tanto todos esos tipos de riesgos de incendio se clasificaran como 5B. Para riesgos de clase C, se tomara en cuenta el material combustible más próximo y se evaluara nuevamente teniendo en cuenta dicho material, para nuestro caso será tipo A o B. Y mediante la tabla 41, tendremos la carga del extintor. Por lo tanto se obtiene:

**Tabla 42** Tipo de fuego, riesgo y selección del extintor.

|         |                                    |                |                         |            |            |                      | Extintor     |      |                |
|---------|------------------------------------|----------------|-------------------------|------------|------------|----------------------|--------------|------|----------------|
| Sección | Carga térmica (kg/m <sup>2</sup> ) | Tipos de Fuego | Área (ft <sup>2</sup> ) | Riesgo (A) | Riesgo (B) | Numero de extintores | DENOMINACIÓN | TIPO | CARGA (LIBRAS) |
| 1       | 2                                  | A-C            | 910,01                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 2       | 0,3                                | B-C            | 779,55                  |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 3       | 1                                  | B-C            | 349,3                   |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 4       | 0,3                                | B-C            | 376,75                  |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 5       | 1                                  | B-C            | 877,5                   |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 6       | 1                                  | A-C            | 266,09                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 7       | 2                                  | B-C            | 1232,1                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 8       | 0,3                                | B-C            | 864,05                  |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 9       | 0,4                                | B-C            | 560,82                  |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 10      | 0,1                                | A-C            | 1802,9                  |            | 5B         | 1                    | 5B:C         | CO2  | 5              |
| 11      | 2                                  | A-C            | 245,21                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 12      | 38                                 | A-C            | 1378,6                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 13      | 2                                  | A-C            | 2033,3                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 14      | 2                                  | A-C            | 2063,4                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |
| 15      | 2,60                               | A-C            | 1634,6                  | 2A         |            | 1                    | 2A:C         | PQS  | 5              |

Fuente: Autor

Para ubicar los extintores portátiles se debe tener en consideración los siguientes parámetros.

- Deben ser colocados en un lugar visible y de fácil acceso. Para que su uso pueda ser de forma rápida. Además deben estar cerca de la ruta de evacuación. (NFPA, 2007)
- De ser necesario se ubicara un gabinete para albergar el extintor, este no puede estar cerrado, exceptuando si se encuentra en lugares en donde se lo puedan sustraer o le den un mal uso. (NFPA, 2007)
- Recorrido al extintor desde un posible conato debe ser menor o igual a 11 metros. (NFPA, 2007)
- La altura mínima de instalación para extintores que no superen un peso al de 40lb será de 1,5m (NFPA, 2007)

#### **4.5 Requerimientos, ubicación y dimensionamiento de la señalética.**

La base para la selección del tamaño, símbolo, forma y ubicación de la señalética me basare en las normas:

- NTE INEN ISO 3864-1. Principios de diseño para señales de seguridad e indicaciones de seguridad
- ISO 16069. Símbolos gráficos – Señales de seguridad – Sistema de señalización de rutas de evacuación.
- ISO 7010. Símbolos gráficos – Colores de seguridad y señales de seguridad – Registro de señales de seguridad.

De esta manera se podrá tener una identificación correcta del pictograma además de ayudar a que en el momento de la emergencia se tome la decisión más acertada para agilizar la evacuación.

Para determinar la dimensión de la señalética se usa la fórmula que se encuentra en la norma NTE INEN ISO 3864-1 en su anexo A.2.

$$l = z_o h \quad (16)$$

O lo que es lo mismo:

$$H \geq L_s / z_o$$

Dónde:

$$L_s = \text{Distancia de observación}$$

$$H = \text{Dimesión}$$

$$z_o = \text{Factor de corrección}$$

La misma norma nos recomienda que para señales de evacuación, exactamente para señales ISO 7010 – e001 y ISO 7010 – e002, el valor de  $z_o$  debe ser 95, ya que se va a encontrar iluminada por luces de emergencia con una iluminancia de 5 lx.

El factor de corrección del ángulo de observación se aplicara dependiendo de la ubicación de la señal. Es decir la formula quedaría de la siguiente manera.

$$H \geq \frac{L_s}{95x \cos \alpha 0,5} \quad (17)$$

Dónde:

$$\cos \alpha = \text{Angulo de observación}$$

$$0,5 = \text{Factor de corrección al estar expuesto a la luz de emergencia.}$$

En el caso de los pictogramas de seguridad para extintores ISO 7010 – f001 y de riesgo eléctrico ISO 7010 – w012 se utilizara la misma fórmula, pero para el factor de



corrección se utilizara un valor de 60 debido a que no podemos estimar el grado visual de la población que utilizara la edificación. Dichos pictogramas también estarán bajo una luz de emergencia y el factor debe ser multiplicado por 0,5. (ISO, 2011)









Es decir que la formula se aplicara de la siguiente manera.


$$H \geq \frac{L_s}{60x \cos \alpha x 0,5}$$

Además de los resultados que se obtengan se debe verificar con los datos de la norma NTE INEN 878 Rótulos, Placas Rectangulares y Cuadras. Para estandarizar las dimensiones. Todas las dimensiones se pueden revisar en el anexo G. (INEN, 2013)

**Tabla 43** Señales de seguridad y dimensiones que se van a utilizar

| Pictograma  | Significado                                     | Dimensión |
|---|---|-----------|
|  | Salida/Salida de emergencia                     | 25x50 cm  |
|  | Salida/Salida de emergencia                     | 30x20 cm  |
|  | Seguir la ruta de evacuación hacia adelante     | 20x40 cm  |
|  | Seguir la ruta de evacuación hacia la derecha   | 20x40 cm  |
|  | Seguir la ruta de evacuación hacia la izquierda | 20x40 cm  |

| Pictograma  | Significado  | Dimensión |
|---|--|-----------|
|    | Sigua la ruta de evacuación hacia el nivel inferior a la derecha   | 20x40 cm  |
|    | Sigua la ruta de evacuación hacia el nivel inferior a la izquierda | 20x40 cm  |
|    | Seguir la ruta de evacuación hacia la derecha                      | 20x50 cm  |
|   | Seguir la ruta de evacuación hacia la izquierda                    | 20x50 cm  |
|  | Sigua la ruta de evacuación hacia el nivel inferior a la derecha   | 20x50 cm  |
|  | Sigua la ruta de evacuación hacia el nivel inferior a la izquierda | 20x50 cm  |
|  | Botiquín de primeros auxilios                                      | 30x20 cm  |
|  | Punto de encuentro/reunión   | 60x40 cm  |

| Pictograma  | Significado               | Dimensión |
|---|---------------------------|-----------|
|  | Extintor portátil         | 30x20 cm  |
|  | Alarma manual de incendio | 30x20 cm  |

Fuente: Autor

#### 4.6 Elaboración del mapa de rutas de evacuación.

Igual de importante que la señalética para guiarse en el momento de la evacuación y de los elementos de salvamento que ayudaran a mitigar los efectos adversos de la emergencia en caso de incendio.

La base para el diseño del mapa de evacuación será la norma ISO 23601. Identificación de Seguridad – Diseño de planes de Evacuación y Escape.

**Figura 8** Mapa de evacuación de la planta baja.



Fuente: Autor

**Figura 9** Mapa de evacuación de la planta alta.



Fuente: Autor

Su ubicación será los puntos de mayor confluencia de personas dentro del edificio.

#### 4.7 Rutas de acceso

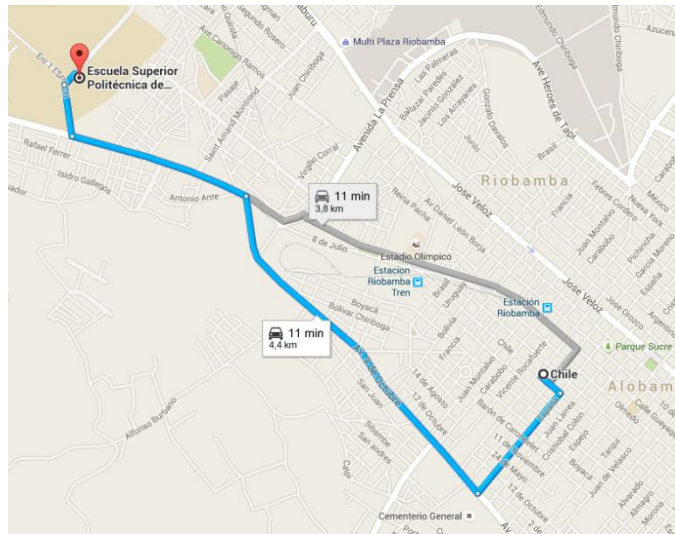
Existen tres formas en la que los bomberos pueden llegar hasta el edificio.

**Figura 10** Acceso hacia el edificio.



Fuente: (LAWRENCE, y otros, 2015)

**Figura 11** Distancia y recorrido desde el cuerpo de bomberos al edificio central de la Facultad de Mecánica



Fuente: (LAWRENCE, y otros, 2005)

El tiempo estándar en que deben llegar los Bomberos en caso de una emergencia es de 5 minutos ya que su recorrido es menor a 5km.

#### 4.8 Plan de emergencia

El esquema de actuación en caso de suscitarse un conato de incendio es indispensable. Es decir vamos a analizar un riesgo de tipo interno ya que se va a pasar dentro de las instalaciones físicas del emplazamiento. (INSHT, 1983)

#### 4.9 Clasificación de las emergencia

Pre emergencia, se refiere cuando todos los parámetros que limitan un riesgo, se encuentran a punto de sobrepasar sus límites pre establecidos.

Emergencia, cuando el riesgo se materializa. Dentro de una situación de emergencia podemos distinguir.

- Conato de incendio. Una situación de fácil control. Es solucionado de forma rápida y sencilla por el personal de la empresa y los medios de protección instalados en la misma.

- **Emergencia Parcial.** Situación que para ser controlada necesita la actuación de equipos especiales. Se necesita que se evacue al personal de forma parcial. No existe el riesgo de propagación.
- **Emergencia general.** Se necesita de todos los medios de protección con los que cuente el edificio o locación, además de la intervención de equipo de socorro externo (Bomberos). La evacuación se debe realizar de forma total.

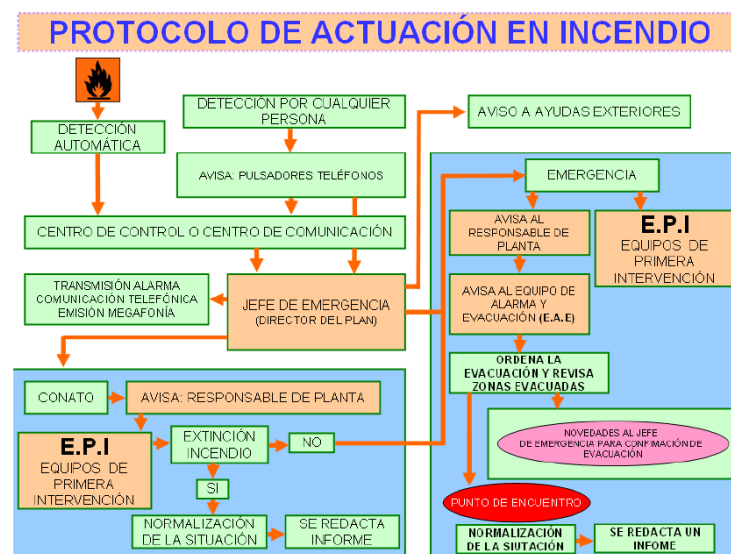
**4.9.1 Procedimiento de actuación ante emergencia** Detección y alerta, al dar la alerta se debe comunicar de forma inmediata a las brigadas de emergencia y de ser necesaria la intervención externa. Al suceder una emergencia el procedimiento debería ser.

Detección automática, sensores de humo ubicados estratégicamente o en los lugares de mayor vulnerabilidad.

Detección personal, la activación de una alarma manual. Para el caso de la Facultad de mecánica la orden de activación la debe dar el jefe o sub jefe de brigada. Además se debe tener en cuenta la persona que debe dar los avisos externos.

#### 4.9.2 Mecanismo de respuesta en caso de incendio

**Figura 12** Protocolo de actuación en caso de un incendio



Fuente: (INSHT, 1983)

Conviene comprobar la situación equipo/persona antes, mediante un simulacro y evaluar si el proceso de detección y alarma es el adecuado. El personal que no pertenezca a los equipos de emergencia debe seguir las órdenes. Mientras que el personal de cada brigada debe realizar las tareas asignadas.

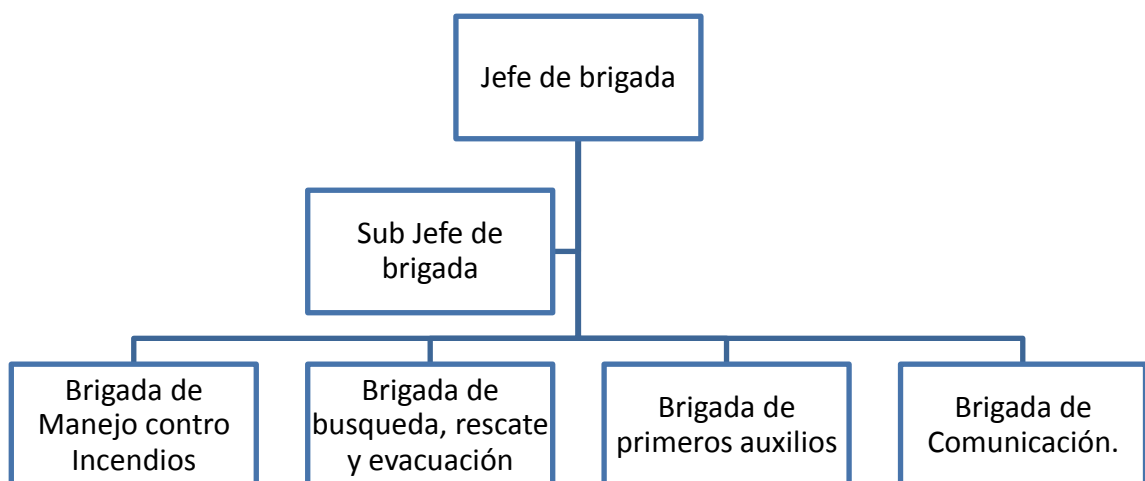
**4.9.3 Evacuación** El punto de reunión debe estar perfectamente ubicado y reconocido por todo el personal, sin interferir en la actuación de los equipos de emergencia. Al igual que el recorrido de evacuación debe estar correctamente definido y de ser posible mantener un control en el personal evacuado. Una vez se dé la voz de evacuación el personal debe seguir las órdenes de los brigadista de evacuación.

Se debe tener definido quienes van a brindar las primeras ayudas y se debe mantener un canal de información de la situación y se intervendrá si se tiene los elementos adecuados para el manejo de la misma.

La ayuda externa debe pedir el jefe o sub jefe de brigada, lamentablemente en el medio actual el personal que integra los organismos de intervención externa recomienda que más de una persona los llame para que la emergencia se la tome en serio y sean desplegados los elementos necesarios.

#### **4.10 Funciones de las brigadas de emergencia**

**Figura 13** Organigrama de jerarquía de las brigadas



Fuente: (SGR, 2010)

Para conformar las brigadas será necesario un compromiso de todo el personal que realice sus actividades dentro del inmueble. El personal que se seleccione para conformar los equipos de las brigadas será por su permanencia en el inmueble la mayor parte de la jornada, además de su capacitación, formación, preparación física, capacidad de comunicación y mando y espíritu de colaboración

El jefe de brigada (generalmente) es la persona de mayor rango administrativo ostenta, debe constar de un sustituto en caso de ausencia. De ser necesario contara con personal de apoyo para la comunicación y asesoramiento, entre sus funciones están:

- Declarar la activación del Plan y el fin de la situación de emergencia.
- Establecer la situación de emergencia en función del nivel de gravedad.
- Actuará desde el Centro de Control y en función de la información facilitada por el Jefe de Intervención sobre la evolución de la emergencia, enviará al área siniestrada las ayudas internas disponibles, y recabará las externas que sean necesarias.
- Ostenta en las emergencias la máxima autoridad del establecimiento y decide las acciones a tomar, incluso la evacuación si fuera pertinente, según las consecuencias previstas en el Plan, con el asesoramiento del Jefe de Brigada.
- Dirige junto al Jefe de brigada, las acciones a realizar por los Equipos de Emergencia en los accidentes que se produzcan.
- Colabora con el responsable de los Servicios Públicos de Extinción de Incendios y salvamento, prestándole el apoyo necesario.
- Determina el contenido de la información para las Administraciones Públicas y en su caso para los medios de comunicación, en colaboración con el Director del Plan de Autoprotección, en caso de ser persona distinta.
- Propone periódicamente, y en su caso, organiza los simulacros de emergencia.



Es importante dejar constancia del cargo o puesto que ostenta el Jefe de Brigada, tanto titular como suplente.

Centro de comunicaciones, Se trata del lugar físico desde donde el Jefe de Brigada en Emergencias dirige la resolución de la misma. Debe tener una ocupación permanente, indicada en el Plan, que dependerá de la disponibilidad del personal en cada momento. Debe constar de medios de comunicación tanto con el exterior como con el interior. Sus funciones son:

- Comunicaciones con el interior (jefe de brigada, brigadas de emergencia)
- Comunicaciones con el exterior (Medios de ayuda externa, medios de comunicación social, Autoridades Competentes)
- Informar al jefe de brigada de las comunicaciones recibidas del resto de brigadas

Líder de brigada, Será designado entre el personal que presta sus servicios en el establecimiento, dependiendo directamente del jefe de brigada. Deberá ser una persona con capacidad de mando. Entre sus funciones están.

- Valora la emergencia y asume la dirección y coordinación de los equipos de emergencia en el lugar del accidente, manteniendo contacto directo con el jefe de brigada.
- Velar para que cada brigadista realice las actividades asignadas.
- Elaborar los informes finales de los simulacros o emergencias que sucedan.

Brigadistas contra incendios, entre sus funciones tenemos

- Contar con el equipamiento básico para responder en caso de incendio: extintor, alarma, etc.

- Coordinar y apoyar a otras brigadas en sus actividades.
- Capacitarse en el manejo, prevención y control de incendios.
- Evitar la propagación del riesgo, cerrando puertas, ventanas o enfriando los lugares expuestos.
- Utilizar las técnicas y recursos que se tengan a disposición para extinguir el fuego.
- Realizar inspecciones periódicas en la institución, revisar riesgos y recursos, tanto humanos como materiales, para la prevención y control de incendios.
- Coordinar con el Cuerpo de Bomberos de la localidad, charlas y campañas sobre prevención, medidas de autoprotección y combate de incendios, dirigidas a la población estudiantil.
- Exigir el cumplimiento del plan de inspección y mantenimiento de los extintores y medios de detección.
- Seguir las instrucciones de sus superiores.

Brigada de evacuación, búsqueda y rescate. Entre sus actividades tenemos.

- Definir un lugar seguro en caso de evacuación del centro educativo.
- Determinar y señalizar, en forma clara, las vías de evacuación.
- Vigilar que las vías de evacuación estén habilitadas.
- Coordinar y apoyar a otras brigadas en sus actividades.

- Determinar y señalar las zonas de seguridad dentro y fuera del centro educativo.
- Ayudar a que las personas se movilicen en forma ordenada y rápida, usando las salidas y vías de emergencia señalizadas hacia las zonas de seguridad.
- Ayudar a las personas a mantener la calma y el orden. Prestar especial atención a los grupos críticos, que son aquellas personas que tienen algún tipo de limitación física o psicológica.
- Participar en simulaciones y simulacros.
- Tener conocimiento de los métodos básicos de control de multitudes y actuaciones en situación de pánico
- Asegurarse de que todas las personas estén siendo evacuadas durante la emergencia o el simulacro.
- Controlar el acceso de personas extrañas al centro, en caso de emergencia.
- Ayudar a mantener el orden y prevenir los saqueos en la institución.

Brigada de primeros auxilios.

- Programar actividades de capacitación sobre primeros auxilios, rescate y atención física y emocional.
- Coordinar y apoyar a otras brigadas en sus actividades.
- Identificar y mejorar los recursos disponibles para atender a las personas que requieran primeros auxilios durante una situación de emergencia o desastre.

- Conocer las dotaciones y ámbitos de aplicación de los medios de protección disponibles en el inmueble (evacuación y primeros auxilios) y estar familiarizados con las vías de evacuación y áreas de reunión.
- Contar con un botiquín completo en el centro.
- Actuar en caso de incendio o emergencia, controlando el traslado de las personas afectadas y prestar los primeros auxilios a los accidentados con los medios disponibles en ese momento
- Organizar actividades de rescate en los simulacros.
- Coordinar con los organismos de socorro de la comunidad, para dar atención a las víctimas en caso de ser necesario.
- Retirar a los curiosos que obstruyen la atención a los lesionados.
- Dar información a los organismos de socorro para el rescate de las personas atrapadas o en peligro.

La brigada de comunicación se responsabilizara de:

- Señalar las anomalías que se produzcan en los sistemas de protección encomendados (detección, alarma, extinción y evacuación) y conseguir su rápida reparación.
- Buscar mantener a las brigadas capacitadas y correctamente dotadas.
- Buscar la ejecución y actualización del plan.
- Mantener un listado probable de las personas que pueden estar dentro del edificio o locación.

## CAPÍTULO V

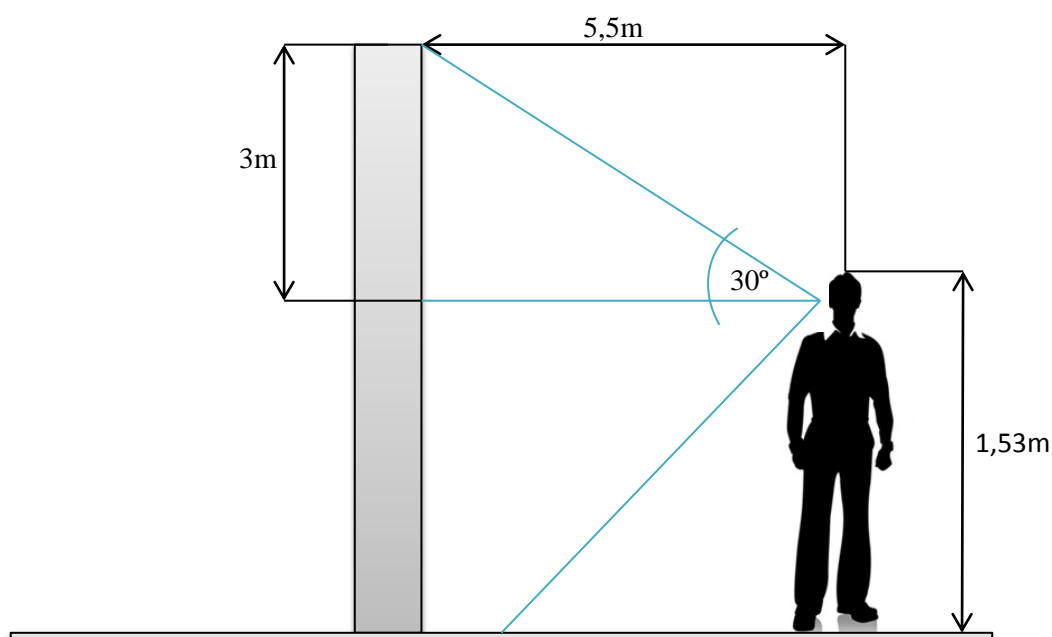
### 5. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN ANTE UN RIESGO DE INCENDIO.

Cuando se tenga correctamente diseñadas y dimensiones de los rótulos de seguridad, así como determinado que pictograma va dentro de cada uno de ellos, además del análisis respectivo del riesgo de incendio, selección de extintores se realizara la ubicación cada de cada uno de los elementos mencionados.

#### 5.1 Ubicación de la señalética.

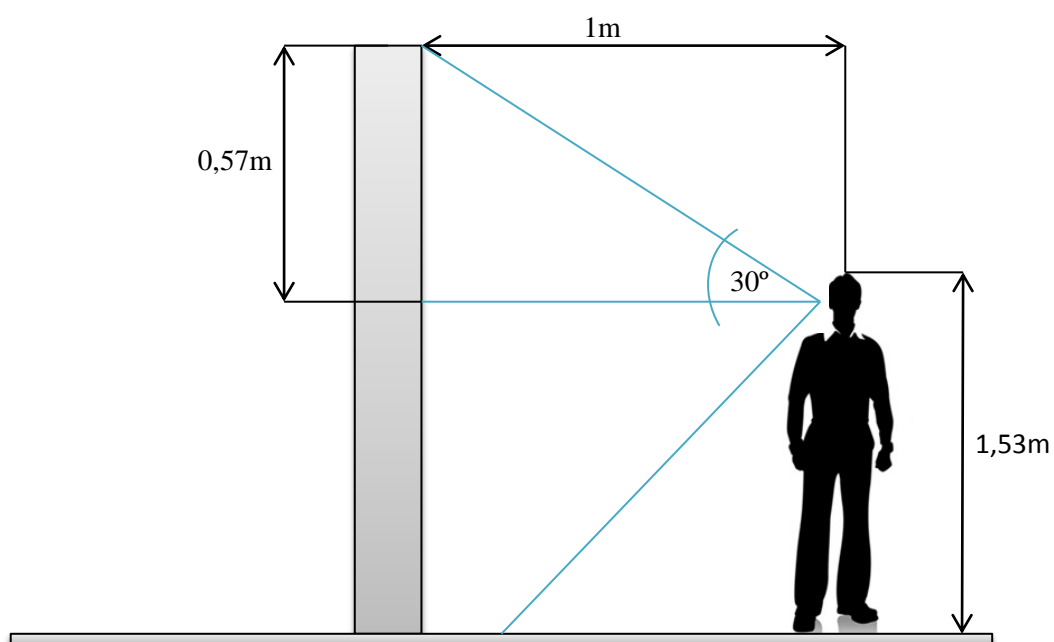
La señalética de la ruta de evacuación debe estar ubicada en puntos (nodos) de decisión a una altura superior a los 1,7m es decir una ubicación alta (ISO, 2014). La altura de una persona en el Ecuador puede variar entre 1,53 a 1,7m, es un rango bastante amplio, pero trabajaremos con el ángulo de visión de la persona que mide 1,53.

**Figura 14** Altura máxima de visión a una distancia de 5,5m



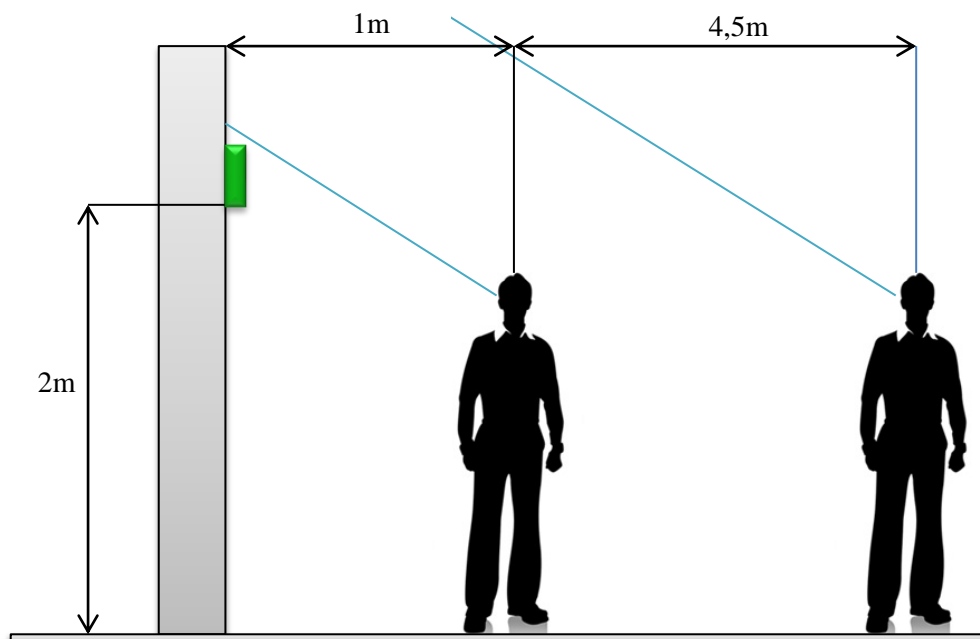
Fuente: Autor

**Figura 15** Altura máxima de visión a una distancia de 1m



Fuente: Autor

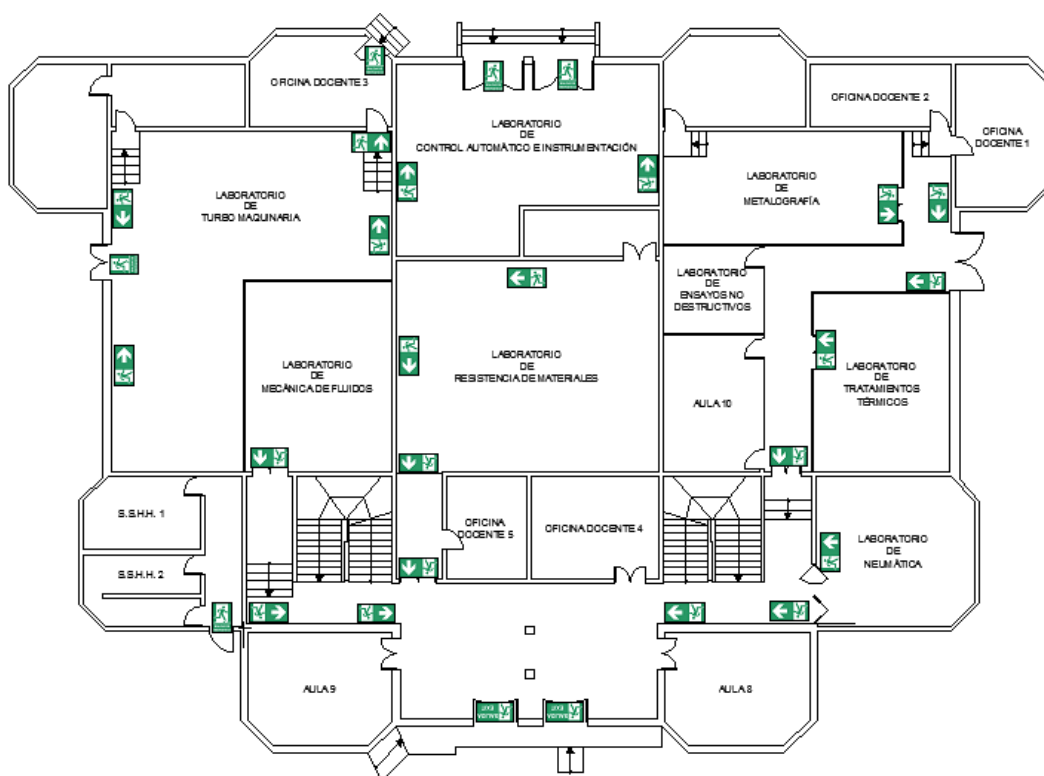
**Figura 16** Visualización de la señalética



Fuente: Autor

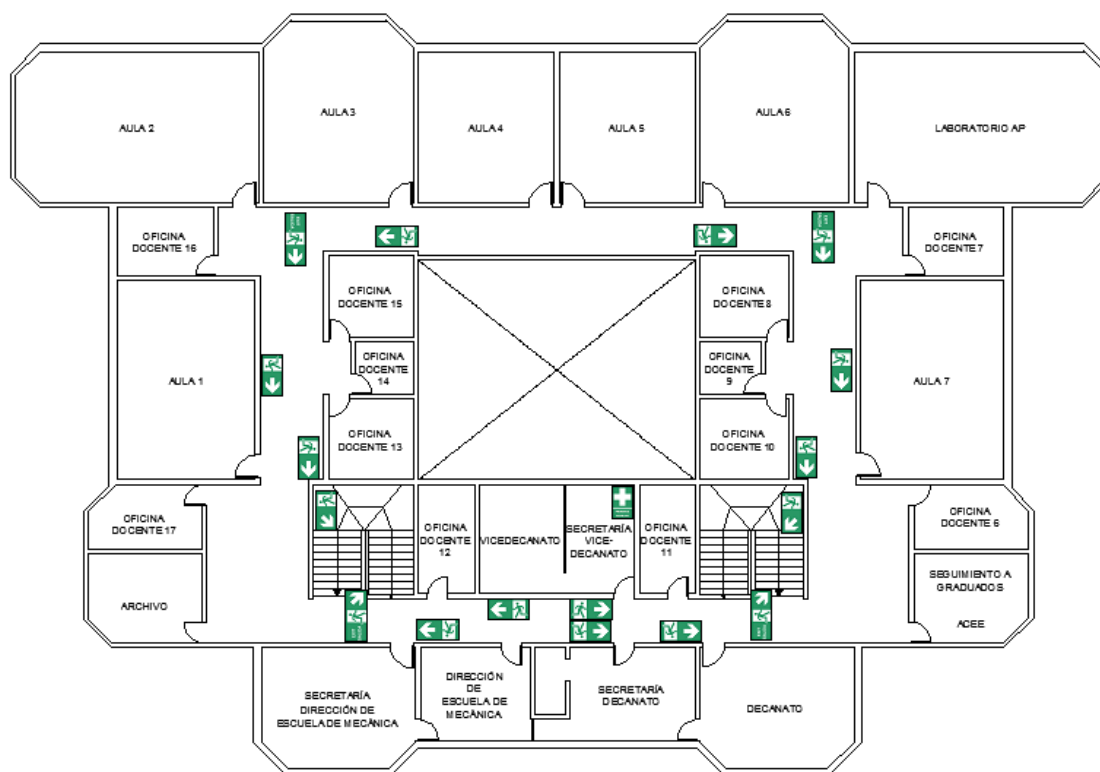
Como se puede ver claramente en la figura 11, al colocar la señal de seguridad a una altura de 2m, se va poder visualizar correctamente su color y figura.

**Figura 17** Ubicación de la señalética en la planta baja



Fuente: Autor (Plano 3)

**Figura 18** Ubicación de la señalética planta alta



Fuente: Autor (Plano 4)

**Figura 19** Señalética ubicada a la salida del área metalúrgica.



Fuente: Autor

Como se puede observar la señalética que se utilizó cumple con todos los parámetros técnicos con respecto a su material reflectivo y ubicación.

## **5.2 Mantenimiento de los elementos de salvamento disponibles.**

**Figura 20** Gabinete sin el extintor portátil



Fuente: Autor



Existen extintores portátiles en el laboratorio de Turbo Maquinaria (3 de 5lb de CO<sub>2</sub>), para el área administrativa (3 de 10lb de PQS multiuso) aunque estos no estaban en el lugar que deberían debido a que los gabinetes no brindaban las condiciones de seguridad pertinentes. En el laboratorio de tratamientos térmicos (1 de 5lb de CO<sub>2</sub>). En el laboratorio de Mecánica de Fluidos (1 de 5lb de CO<sub>2</sub>) y en el laboratorio de Resistencia de materiales.

En algunos casos dichos extintores se encontraban descargados y en otros no se le ha realizado una sola revisión desde la fecha de su ubicación, que ya data de hace más de cuatro años atrás, por ende se debió realizar el mantenimiento preventivo obligatorio en cada uno de ellos.

**Figura 21** Extintor ubicado en el laboratorio de turbo maquinaria



Fuente: Autor

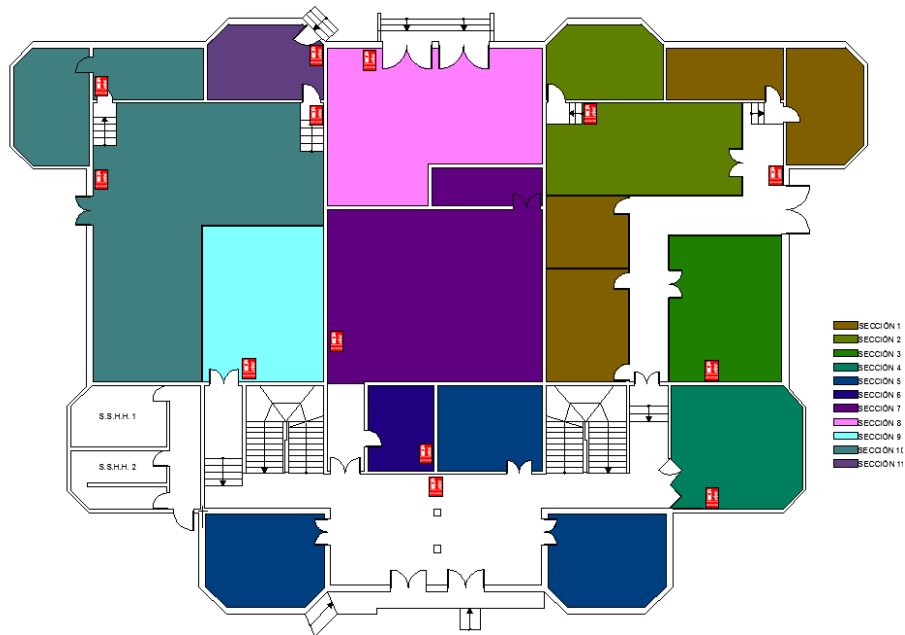
A absolutamente todos los extintores existentes se les realizó el mantenimiento respectivo:

- Verificación de elementos móviles (manguera de difusión, corneta)
- Verificación de elementos internos y cambio de manómetros.
- Re carga del material extintor ya sea PQS multiuso o CO<sub>2</sub>

### 5.3 Ubicación de los elementos de salvamento.

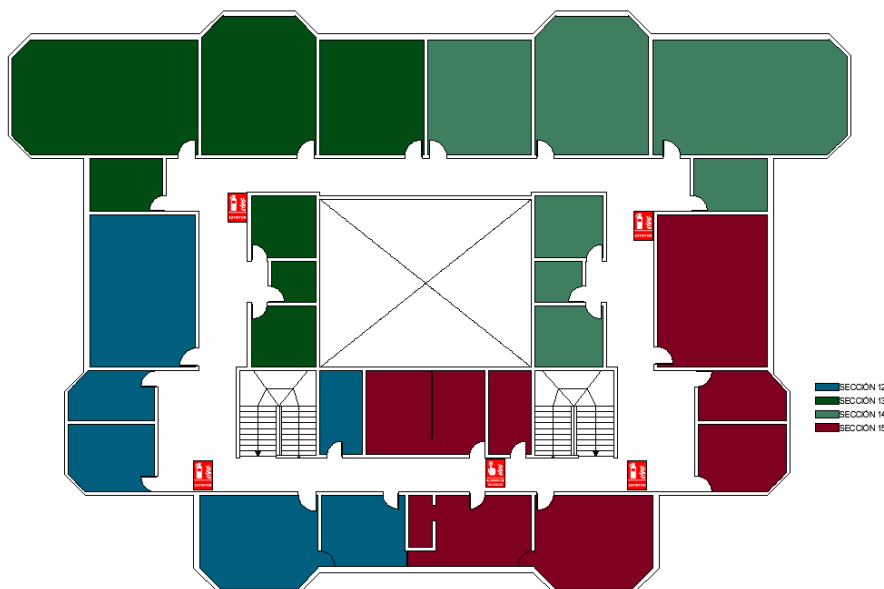
Con el mantenimiento de los elementos de protección (extintores), se procede a ubicar los extintores faltantes en las distintas secciones. Así como complementar las instalaciones anteriores, ubicando cinta reflectiva color blanca y roja.

**Figura 22** Ubicación de extintores en la planta baja por secciones.



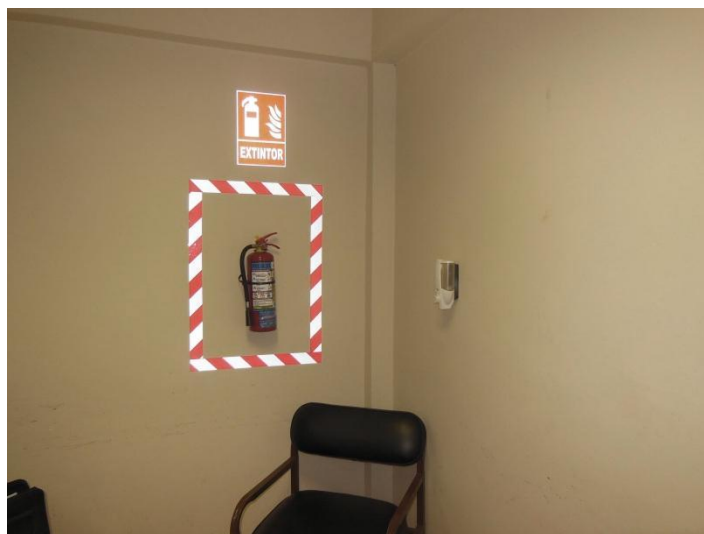
Fuente: Autor (Plano 5)

**Figura 23** Ubicación de extintores en la planta alta por secciones



Fuente: Autor (Plano 6)

**Figura 24** Extintor, señalética de seguridad y cinta de seguridad en la oficina



Fuente: Autor

De igual manera la cinta de advertencia, y la señal de seguridad para los extintores cumple con los parámetros técnicos necesarios.

#### **5.4 Medios de detección de incendios**

En las oficinas de la planta alta del Edificio Central de la Facultad de Mecánica, más específicamente en su área administrativa se encuentran instalados detectores de humo, pero no se encuentran conectados a una central de alarma.

**Figura 25** Ubicación del interruptor manual de la alarma contra incendios



Fuente: Autor

Se instaló una alarma contra incendios de activación manual, la sirena se encuentra ubicada dentro del laboratorio de Resistencia de Material, que se encuentra en el centro del edificio, de esta manera se podrá escuchar en cualquier punto del mismo. Cuenta con un sistema de alimentación autónoma, es decir que si el flujo eléctrico es cortado o se interrumpe con algún motivo la alarma podrá funcionar sin ningún problema. El interruptor de activación se encuentra ubicado junto a la salida del vicedecanato y frente a la salida del decanato.

Al escuchar la alerta todo el personal debe disponerse a evacuar de forma ordenada hacia el punto de encuentro siguiendo las indicaciones de las brigadas y la ruta de evacuación.

### **5.5 Luces de emergencia**

Las luces de emergencia se encuentran ubicadas en cada uno de los nodos en la planta alta, pero en los dos nodos principales de la planta baja no, es decir el inicio de las escaleras, en estos puntos es necesario, no solo por ser un punto de toma de decisiones, sino por la peligrosidad de caídas al momento de descender por la falta de una luz guía.

**Figura 26** Luz de emergencia automática y señalética de seguridad.



Fuente: Autor

## 5.6 Ubicación del punto de encuentro

Cerca del edificio Central de la Facultad de Mecánica existen dos puntos de encuentro, el primero ubicado a 28m a la derecha en la pared del bar de la facultad (punto de encuentro A) y otro ubicado a 56 metros ubicado junto a la cancha de la asociación de empleados. (Punto de encuentro B)

**Figura 27** Ubicación actual de los dos puntos de encuentro existentes en las cercanías del edificio central de la Facultad de Mecánica



Fuente: (LAWRENCE, y otros)

**Tabla 44** Análisis de los factores entre los puntos de encuentro A y B

| <b>Factor</b>                                     | <b>Punto de<br/>encuentro A</b> | <b>Punto de<br/>encuentro B</b> |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Cercanía de líneas de baja tensión                | 11m                             | 5m                              |
| Distancia de recorrido                            | 28m                             | 56m                             |
| Obstáculos  | No                              | Si                              |
| Fácil identificación                              | Si                              | No                              |
| Área de albergue                                  | 20m <sup>2</sup>                | 26m <sup>2</sup>                |
| Interfiera en la intervención de la ayuda externa | No                              | Si                              |
| Cercanía a objetos sensibles a derrumbarse.       | 7m                              | 2m                              |
| Facilita el manejo del personal                   | Si                              | No                              |

Fuente: Autor

Para llegar al punto de encuentro B hay que cruzar la calle principal de acceso hacia el edificio central lo que dificultaría la labor de la ayuda externa, además de que hay que rodear el auditorio de la Facultad de Mecánica para poder llegar hasta el lugar destinado. Por su distancia no es de fácil identificación por los estudiantes, además de que cada semestre existen nuevas personas que llegan a utilizar dichas instalaciones el punto de encuentro debe estar en un lugar visible y con una vista panorámica cercana o directa hacia las puertas principales de ingreso.

Por tales motivos se elige utilizar el punto de encuentro A, ubicado a 11m del edificio.

**Figura 28** Punto de encuentro A



Fuente: Autor

## **5.7 Capacitación.**

Las instituciones encargadas de velar por el cumplimiento de los reglamentos e inspeccionar los distintos centros educativos, también tienen la disposición de capacitar de forma gratuita a las personas que conforman las brigadas. Entre esas instituciones tenemos a el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Riobamba, Secretaria de Gestión de

Riesgo – Dirección Zonal, policía nacional, Ministerio de Relaciones Laborales, Brigada de Caballería N°11 Riobamba, Cruz Roja y Defensa Civil.

Estas instituciones no solo estas dispuestas a capacitar al personal de forma totalmente gratuita, sino que tienen la obligación por ser dependientes del gobierno central.

## **5.8 Simulacro.**

La realización del simulacro, es la práctica para saber ¿Qué hacer? Y ¿A dónde ir? En caso de suscitarse una emergencia. Se comprobara si existen falencias dentro del plan de emergencia, verificara si las brigadas se encuentran correctamente capacitadas y con la ayuda de instituciones externas se verificara que tan rápido es la respuesta hacia el sitio que se analiza.

Las personas de coordinar las actividades antes, durante y después del simulacro serán el jefe de brigada, líderes de brigada y brigadistas. Los cuales deberán buscar la ayuda de personas externas para que recojan los resultados de manera imparcial y se realice de ser necesario mejoras o cambios al plan de emergencia.

El simulacro debe realizarse al menos una vez al año. Para habitar a los ocupantes del edificio y que se adquiera mayor experiencia y soltura en el uso del equipo contra incendios.

## **5.9 Reinicio de las actividades.**

Para retomar las actividades después de una emergencia, ya sea clasificada como conato, parcial o total se debe analizar las secuelas que pudo haber dejado. El jefe de brigada conjuntamente con cada uno de los líderes de brigada deberá realizar una inspección y tomar la decisión de suspender las actividades de forma temporal o reanudarlas de forma inmediata. Después de la inspección se elaboraran los respectivos informes y se buscara la forma de eliminar las falencias en el plan de emergencia o la implementación de mejoras a dicho plan.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **6.1 Conclusiones.**

La implementación del plan de emergencia permitió establecer, estructurar y organizar los procedimientos de actuación, además de potencializar las destrezas y habilidades en caso de suscitarse un incendio.

Como resultado del análisis de riesgo; posterior a la implementación, se obtuvo un resultado de 6, que se lo calificara como un riesgo aceptable; en el cual se debe tener comprobaciones periódicas para asegurar la eficiencia de las medidas de control

La sustitución y ubicación de nuevos pictogramas de seguridad, mejoro considerablemente la comprensión e identificación de la ruta de evacuación. Por ello se debería concientizar a los estudiantes la importancia que tiene el cuidado de dichas señaléticas.

La distribución por secciones, disminuye el área de protección de un extintor portátil, así como también se disminuye el tiempo de transporte del extintor, desde su ubicación hasta el punto de ignición del fuego, de esta manera se busca mantener la clasificación de conato de incendio.

#### **6.2 Recomendaciones.**

Concientizar a todas las personas que realicen sus actividades dentro del edificio, mediante charlas y capacitaciones. Para que de esta manera se integren al plan de emergencia y sean parte activa en la protección y cuidado de todos los elementos ya sea señalética, extintores portátiles, alarma de incendios, detectores de humo y luces de emergencia.



Socializar el plan de emergencia mediante folletos y charlas para que se encuentren mejor preparadas en caso de que se suscite un incendio.

Realizar el simulacro cada seis meses, esto debido a que ese es el tiempo en que nuevos estudiantes llegan a utilizar el edificio central. De esta manera todas las personas estarían preparadas de forma práctica.

Aplicar el plan de mantenimiento a todos los elementos de prevención, detección y manejo de incendios. De esta manera estarán siempre en condición de ser usados en cualquier momento.

Realizar capacitaciones periódicas a todas las personas que utilicen el edificio en manejo de extintores portátiles, de esta manera si se suscitara un conato en cualquiera de las secciones cualquiera podría actuar de forma inmediata y evitar que se convierta en una emergencia parcial o total.

Cambiar el sentido de apertura de las puertas, en el momento de que se realice la evacuación esto puede acarrear problemas, generando un cuello de botella y como resultado aplastamientos y personas heridas o asfixiadas.

Mantener informada de forma adecuada a todas las personas que realizan sus actividades dentro del edificio central es indispensable, por ello los mapas de evacuación se encuentran en puntos estratégicos; con la información necesaria, de esta manera podrán actuar de manera rápida, efectiva y sin entorpecer la acción de las brigadas de emergencia.

Mantener un cronograma de revisión y mantenimiento de los extintores portátiles, es de vital importancia, de esta manera se garantiza su correcto funcionamiento en caso de suscitarse un incendio.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARENAS, Miguel. 2014.** Google Inc. [En línea] 23 de Julio de 2014. [Citado el: 15 de Enero de 2015.] [http://books.google.com.ec/books?id=-8KVBrGfJFwC&pg=PA144&dq=seguridad+industrial+estado+del+arte&hl=es&sa=X&ei=c1rQU43yBaG-sQS-poDYAw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=seguridad%20industrial%20estado%20del%20arte&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=-8KVBrGfJFwC&pg=PA144&dq=seguridad+industrial+estado+del+arte&hl=es&sa=X&ei=c1rQU43yBaG-sQS-poDYAw&redir_esc=y#v=onepage&q=seguridad%20industrial%20estado%20del%20arte&f=false).

**BOE. 2004.** Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Madrid : s.n., 17 de 12 de 2004.

**ECUADOR. 2009.** Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios. *Registro Oficial*. 4 de abril de 2009. 114, pág. 69.

**GARCÍA, Jose Luis y MONEO, Luis. 2012.** Guía Técnica para la Elaboración de un Plan de Autoprotección. Madrid : Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2012. Vol. I, 126-12-046-1 . M-26606.

**GRETENER, M. 1973.** *Evaluación del Riesgo Potencial de Incendio*. Berna : s.n., 1973.

**HIBBART, Derek. 2014.** *Smoke alarms and the modern residence fire*. . Londres : Indian Journal. fire, 2014.

**IASST. NACIONES, COMUNIDAD ANDINA DE. 2005.** 1, Quito : s.n., 2005, Vol. I.

**IASST. 2005.** Reglamento Andino. *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Quito : s.n., 2005.

**INEN. 2013.** Clasificación de los Fuegos. *NTE INEN 92*. Quito : INEN, 2013.

—. **1987.** Extintores Portátiles. Requisitos Generales. *NTE INEN 801*. Quito : INEN, 1987.

—. **2009.** Extintores Portátiles. *NTE INEN 731*. Quito : INEN, 2009.

—. **1987.** Extintores Portátiles. Inspección, Mantenimiento y Recarga. *NTE INEN 739*. Quito : INEN, 1987.

—. **2013.** Placas y Rotulos Cuadrados y Rectangulares. *NTE INEN 878* . Quito : INEN, 2013.

—. **2013.** Prevencios de incendios. Determinación de la resistencia al fuego. *NTE INEN 733*. Quito : INEN, 2013.

—. **8013.** Rótulos, Placas Rectabgulares y Cuadradas. Dimenesiones. *NTE INEN 878*. Quito : INEN, 8013.

**INSHT. 1999.** Cálculo Estimado de Vías y Tiempos de Evacuación. *NTP 436*. Madrid : INSHT, 1999.

—. **2007.** Carga de Fuego Ponderada - Parámetros de cálculo. *NTP 766*. Barcelona : INSHT, 2007.

- **2001.** Evaluación de los Riesgos de Incendio. *NTP 599*. Madrid : INSHT, 2001.
- **1983.** Plan de Emergencia Contra Incendios. *NTP 45* . Madrid : INSHT, 1983.
- **1999.** Planes de emergencia en lugares de pública concurrencia. *NTP 361*. Madrid : INSHT, 1999.
- **1983.** Reacción al Fuego - Elementos Constructivos . *NTP 38*. Madrid : INSHT, 1983.
- **2009.** Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales. *NTP 832*. Barcelona : INSHT, 2009. Vol. II.
- **2009.** Reglamento general contra incendios en establecimientos industriales. *NTP 831*. Barcelona : INSHT, 2009. Vol. I. RD 2267/2004.
- **1983.** Resistencia al Fuego de Elementos Constructivos. *NTP 39*. Madrid : INSHT, 1983.
- ISO. 2014.** Simbolos Graficos - Sistemas de Señalización de Rutas de Evacuación. *NTE INEN ISO 16069*. QUITO : INEN, 2014.
- **2011.** Construcción de edificios - Accesibilidad y Usabilidad del Entorno Edificado. *NTE INEN ISO 21542*. Quito : INEN, 2011. 21542-11. ISO.
- **2009.** Identificación de Seguridad - Símbolos Para la Elaboración del Mapa de Evacuación y Rescate. *ISO 23601*. Ginebra : IS, 2009.
- **2003.** Simbolos Graficos - Signos de Seguridad Utilizados en Lugares de Trabajo y Areas Publicas. *ISO 7010*. Ginebra : IS, 2003.
- **2011.** Simbolos Graficos, Colores de Seguridad y Señales de Seguridad Principios de Diseño para Señales de Seguridad e Indicaciones de Seguridad. *NTE INEN ISO 3846-1* . Quito : INEN, 2011.
- LAWRENCE, Edward, SHMIDT, Eric y BRIN, Sergey.** Google Inc. [En línea] [Citado el: 15 de 02 de 2015.] <https://www.google.com.ec/maps/@-1.6588746,-78.6765365,246m/data=!3m1!1e3>.
- **2005.** Google Maps. *Google Inc.* [En línea] 8 de Febrero de 2005. [Citado el: 13 de Febrero de 2015.] <https://www.google.com.ec/maps/dir/-1.6732515,-78.6537266/-1.6583949,-78.6769063/@-1.668106,-78.6622075,15z>.
- **2015.** *Ubicación de la Facultad de Ingenieria Mecanica - ESPOCH*. Riobamba : Google Earth, 2015. 7.1.5.1557.
- MAPFRE. 1978.** *Evaluación del riesgo de Incendio*. Madrid : s.n., 1978.
- METODO FRAME. FUERTES, Jose y RUBIO, Juan Carlos. 2012.** 129, Malaga : Pevention, 2012.
- MORENO, JUAN CARLOS RUBIO. 2004.** *Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales*. Madrid : Edigrafos S.A., 2004.

**MRL. 2012.** Código del Trabajo. Quito : Registro Oficial 167, 2012. Vol. I.

—. **1986.** Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente y del Trabajo. *Decreto Ejecutivo 2393*. Quito : MRL, 1986.

**NFPA. 2007.** Norma Para Extintores Portátiles Contra Incendios. *NFPA 10*. ORLANDO : Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCI, 2007.

*Revista Estructura Orgánico Funcional. 2003.* 2003.

**SGR. 2010.** Plan de Emergencia Institucional de Emergencias para Centros educativos. *Preparamos para Manejar las Emergencias*. Quito : s.n., 2010.

**SIMARD, Marcell. 2014.** FONCSI. *Foncsi.org*. [En línea] 23 de Julio de 2014. [Citado el: 18 de Enero de 2015.] [www.foncsi.org/fr/...seguridad...estado-arte/CSI-FHOS-espagnol.pdf](http://www.foncsi.org/fr/...seguridad...estado-arte/CSI-FHOS-espagnol.pdf).

**WASILESKI, Robert. 2014.** *Cambio de equipo contra incendios*. s.l. : Gap Analysis., 2014.